

В Н И И Г И М

СПРАВОЧНИК
ПО
МЕЛИОРАЦИИ
И
ГИДРОТЕХНИКЕ

II

K347610

ТОМ
III

ОГИЗ

С Е Л Ъ Х О З Г И З

1945



АЛЕКСЕЕВА

И К В С С С Р
АКАДЕМИЯ С.-Х. НАУК ИМ. В. И. ЛЕНИНА
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ

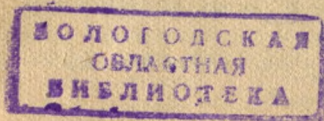
СПРАВОЧНИК
ПО МЕЛИОРАЦИИ
И
ГИДРОТЕХНИКЕ

ТОМ III

ОРОШЕНИЕ, ОСУШЕНИЕ И ОБВОДНЕНИЕ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

инж. А. М. ЦАРЕВСКОГО (отв. ред.), акад. А. Н. КОСТЯКОВА,
проф. А. Д. БРУДАСТОВА, проф. А. В. КАЛИННИКОВА,
проф. Ф. И. ПИКАЛОВА, Г. В. СЕЛИССКОГО (отв. секретарь)



*Академик
Сергей Степанович
Теравес
Институт
сентябрь 1945*

О Г И З

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
«СЕЛЬХОЗГИЗ» — 1945 — МОСКВА

СОСТАВИТЕЛИ РАЗДЕЛОВ

Раздел I. Орошение

- Глава I — доц. ЗУЗИК Д. Т.
Глава II — д-р наук, проф. ШАРОВ И. А.
Глава III — д-р наук, проф. РОЗОВ Л. П. и доц. АСТАПОВ С. В.
Глава IV — доц. КРЕМЕНЕЦКИЙ Н. Д.
Глава V — д-р наук, проф. СОКОЛОВ Д. Я.
Глава VI — доц. СТРУКОВ Н. И.
Глава VII — доц. КРЕМЕНЕЦКИЙ Н. Д.
Глава VIII — доц. КРЕМЕНЕЦКИЙ Н. Д.
Глава IX — доц. КРЕМЕНЕЦКИЙ Н. Д., канд. наук МИРКИН С. Л.
и инж. ОФФЕНГЕНДЕН С. Р.
Глава X — доц. КРЕМЕНЕЦКИЙ Н. Д. и инж. КАГАН Г. С.
Глава XI — канд. наук ПЕТРОВ Е. Г.
Глава XII — канд. наук СЕЛЬБИН А. М.
Глава XIII — инж. САМСОНОВА Н. П.
Глава XIV — канд. наук ЗАСОСОВ С. П. и проф. МАКРИДИН Н. В.
Глава XV — д-р наук МАКРИДИН Н. В.
Глава XVI — проф. д-р РОЗОВ Л. П. и доц. АСТАПОВ С. В.
Глава XVII — доц. СТРУКОВ Н. И.
Глава XVIII — инж. ДЕНИСОВ А. и доц. СТРУКОВ Н. И.
Глава XIX — доц. СТРУКОВ Н. И.
Глава XX — инж. ПАНАСЕНКО А. Д.

Раздел II. Осушение

- Д-р наук, проф. БРУДАСТОВ А. Д., канд. наук АВЕРЬЯНОВ С. Ф.
и канд. наук МАРКОВ Е.

Раздел III. Обводнение

- Главы I — IX — проф. КАЛАБУГИН А. Я.
Глава X — канд. наук ОСИПОВ Н. И.
Глава XI — канд. наук ОСИПОВ Н. И.
-

ПРЕДИСЛОВИЕ

К составлению настоящего справочника Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ) приступил еще в 1931 г. Первые два тома вышли из печати до Великой отечественной войны. Данный том, посвященный орошению, осушению и обводнению, был закончен также до войны, но по техническим причинам выход его в свет задержался.

Издание справочника по мелиорации и гидротехнике в осуществленном масштабе не имеет прецедентов как в отечественной, так и в иностранной технической литературе. Подготовка его потребовала от составителей большой работы и продолжительного времени.

За годы советской власти мелиоративная наука и техника получили самое широкое развитие. На основе этих достижений и составлен данный том. Однако, в связи с задержкой выхода тома в свет, в справочнике не отражены достижения науки и техники за последние 3—4 года. Великая отечественная война поставила в области мелиорации и гидротехники ряд новых задач, внесла много нового в практику мелиорации и гидротехники. Все эти новые моменты нашли отражения в специально изданных работах института.

По этим соображениям ВНИИГиМ считает необходимым сделать несколько замечаний по существу освещаемых в данном томе вопросов.

В главе I «Орошение в СССР» часть материалов является устаревшей для данного и послевоенного периодов. Перспективы развития мелиораций, вытекающие из общего народнохозяйственного плана, изменились. Приводимое в справочнике деление СССР на зоны увлажнения имеет только технически вспомогательное значение, так как направление мелиораций и размещение объектов определяются и будут определяться задачами общего развития производительных сил страны.

В главе IV «Методика и примеры проектирования расчетных норм, сроков, числа поливов культур и графиков гидромодуля» даются указания, которые могут применяться только при составлении технических проектов орошения новых площадей. Гидромодуль надо рассматривать как техническое средство для определения пропускной способности оросительной сети, но не как критерий, определяющий режим орошения. Водопотребление культур зависит от законов роста и развития растений. «Растения для своей жизни требуют одновременного и совместного наличия или притока всех, без исключения, условий, или факторов своей жизни...» «Все факторы жизни растений, безусловно, равнозначимы» (В. Р. Вильямс). Практика социалистического хозяйства накопила большой опыт для организации планового водопользования на основе установления режимов орошения, отвечающих за-

конам роста и развития растений. Этот опыт и должен быть положен в основу проектирования режимов орошения и поливных режимов.

При составлении графиков гидромодуля, для определения расчетной пропускной способности каналов надо исходить, кроме других определяющих факторов, также и из трудовых ресурсов колхозов.

В данном томе не освещаются вопросы эксплуатации систем и освоения орошаемых земель. По принятому ранее плану этим вопросам предполагалось посвятить специальный том, который подготавливается к печати. Для восполнения этого пробела институт издал ряд практических руководств в виде отдельных брошюр.

За последние годы большое значение приобрели проблемы орошения овощных культур в районах крупных городов и промышленных центров. При непосредственной помощи ВНИИГиМ особое развитие при этом получило орошение овощных культур и картофеля сточными водами. Орошение овощных в названных зонах требует специальных приемов и особых нормативных данных. Эти приемы и нормативы, накопленные уже за годы войны, также освещены в отдельных изданиях института.

Дальнейшее развитие получили вопросы механизации мелиоративных работ, направленные по линии более рационального использования машин и орудий. В частности, более полное освещение получили в последних работах института вопросы планировки и выравнивания полей. Если планировка является составным элементом строительного проекта и должна проводиться по техническому проекту одновременно или вслед за устройством сети, то выравнивание является элементом основных сельскохозяйственных работ в орошаемом земледелии и должно проводиться ежегодно наряду с нарезкой поливной сети.

Учитывая трудности создания справочника по такой многогранной области, как мелиорация и гидротехника, институт обращается к читателям с просьбой сообщить ему свои критические замечания, которые следовало бы учесть в последующих его изданиях, а также в повседневной научно-исследовательской работе.

Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации

**ОРОШЕНИЕ, ОСУШЕНИЕ
И ОБВОДНЕНИЕ**

ТОМ III

ОГЛАВЛЕНИЕ

РАЗДЕЛ I

ОРОШЕНИЕ

Предисловие	III		
Глава I. Орошение в СССР, его значение и перспективы развития			
§ 1. Зоны увлажнения	1		
§ 2. Современное состояние орошения в СССР	4		
§ 3. Значение и перспективы орошения	9		
§ 4. Основные ирригационные районы СССР	12		
Глава II. Значение эксплуатации мелиоративных систем	19		
§ 5. Общие понятия об эксплуатации	19		
I. Для оросительных систем	20		
II. Для обводнительных систем	20		
III. Для осушительных систем	20		
§ 6. Оросительные системы и их состояние	21		
§ 7. Осушительные системы и их состояние	24		
Глава III. Почвенные исследования, необходимые при разных стадиях проектирования орошения	25		
§ 8. Задачи почвенных исследований при мелиоративном проектировании	25		
§ 9. Материалы, необходимые для проектирования	26		
§ 10. Мероприятия по регулированию водно-воздушного режима почв	26		
1. Определение размеров рациональной поливной нормы	26		
2. Определение элементов рациональной техники поливов	30		
3. Определение рациональной величины межполивных периодов	32		
4. Установление роли грунтовых вод в водно-воздушном режиме почвы	33		
§ 11. Мероприятия по регулированию солевого режима почв при мелиоративном проектировании			34
1. Установление общей схемы мелиораций			35
2. Установление размеров промывных норм			35
3. Установление условий для предупреждения реставрации засоления			36
4. Оценка качества засоления с точки зрения возможности развития солонцового процесса и установление условий мелиорации солонцовых почв			38
5. Установление условий отвода промывных вод			38
6. Установление почвенных показателей для расчета дренажных устройств			39
7. Установление условий для предупреждения вторичного заболачивания и засоления			42
§ 12. Основания для рационального проектирования планировок полей			44
§ 13. Агротехнические показатели при мелиоративном проектировании			44
§ 14. Проверка расчетов на основе практики орошаемого земледелия			45
§ 15. Оформление проектных почвенных материалов			45
Глава IV. Методика и примеры проектирования расчетных норм, сроков, числа поливов культур и графиков гидромодуля			47
§ 16. Наименование поливов и их обозначения			47
§ 17. Порядок проектирования расчетных графиков гидромодуля			49
§ 18. Материалы, необходимые для проектирования расчетных норм, числа и сроков полива			50

§ 19. Методика проектирования оросительных норм	50
§ 20. Методика проектирования размеров поливных норм	54
§ 21. Число и размещение дождевационных и вегетационных поливов	55
§ 22. Примеры расчета сроков и норм полива различных культур	58
1. Расчет вегетационных норм и сроков полива яровой пшеницы для средне-сухого года (Заволжье)	58
2. Расчет вегетационных норм и сроков полива хлопчатника для условий средне-сухого года (Фергана)	64
§ 23. Техника составления графиков гидромодуля	69
Глава V. Схемы водозабора (общие сведения)	78
§ 24. Водозабор в оросительной системе	78
§ 25. Схемы водозабора из естественных открытых водоемов	80
§ 26. Схемы водозабора подземных вод	89
§ 27. Схемы водозабора атмосферных вод	89
Глава VI. Холостая часть магистрального канала	89
§ 28. Назначение магистрального канала	89
§ 29. Основные схемы направления трасс магистрального канала	90
§ 30. Проектирование холодной части магистрального канала	94
1. Нормы проектирования	94
2. Проектирование месторасположения водозаборных узлов	97
3. Последовательность расчетов при проектировании холодной части магистрального канала	98
4. Проложение трассы магистрального канала в холодной части	100
5. Головной участок холодной части магистрального канала	104
§ 31. Одежда холодной части магистрального канала	105
§ 32. Расчетный режим канала	106
§ 33. Турбонасосные установки на холодной части магистрального канала	107
§ 34. Примеры расчета устойчивости откосов	107
1. Пример расчета устойчивости откоса по методу Филлениуса	107
2. Расчет по методу Терцаги — Крея	108

Глава VII. Техника полива	112
§ 35. Номенклатура способов поверхностного самотечного полива периодически поливаемых культур	112
§ 36. Основные условия, определяющие способы полива	112
1. Характеристики средних уклонов поверхности	113
2. Характеристики рельефа скатов	113
3. Характеристики микро-рельефа орошаемого поля (поливной карты)	113
4. Характеристики скорости впитывания воды в почву	114
5. Характеристики скорости промачивания почвы	115
6. Характеристики способов пахоты, посева, ухода и уборки культуры	115
7. Характеристики развития корневой системы и площади питания культуры	116
8. Характеристики размеров поливных норм и схемы полива культур	116
§ 37. Полив напуском	116
1. Полив напуском по полосам	117
2. Пример подбора согласованных размеров длины полосы и струи	118
3. Применение полива напуском по полосам	120
§ 38. Полив по бороздам	121
1. Расстояния между осями борозд	122
2. Уклоны борозд	122
3. Расположение борозд	122
4. Удельные протяженности борозд на 1 га	123
5. Длины поливных борозд и размеры струи в борозду	123
6. Применение бороздного полива	124
§ 39. Полив затоплением	125
1. Применение способа полива затоплением	125
2. Системы разбивки чеков	125
3. Размеры чека	125
4. Размеры валиков	126
§ 40. Расположение и арматура временной внутрикартовой сети	126
Расходы внутрикартовой сети	130

Глава VIII. Номенклатура, расположение, расчетные расходы и горняонты оросительных каналов	131
§ 41. Номенклатура оросительных каналов	131
Сокращенные наименования элементов оросительной сети в проектах	132
§ 42. Обозначения расчетных площадей в оросительных проектах	132

§ 43. Отчуждения под ирригационную и дорожную сеть для каналов в земляном русле	134	4. Допуски	189
§ 44. Коэффициент использования земли для орошения	138	§ 54. Неразрывающие скорости каналов	189
§ 45. Расположение проводящих оросительных каналов (распределителей)	139	§ 55. Условие максимальной пропускной способности каналов	195
1. Основные требования правильной организации территории орошаемых хозяйств	139	§ 56. Условие минимальной фильтрации	196
2. Основные требования рациональной эксплуатации проводящих оросительных каналов	140	§ 57. Отношение ширины оросительных каналов по дну к глубине наполнения их и нормальные размеры ширины оросительных каналов	196
§ 46. Размеры и расположение поливных карт и картových оросителей	147	§ 58. Внутренние и внешние откосы неукрепленных оросительных каналов	197
1. Размеры и расположение поливных карт и картových оросителей при поливе по бороздам	147	§ 59. Размеры дамб	198
2. Размеры и расположение карт и картových оросителей при поливе напуском по полосам	149	§ 60. Размеры берм в выемках	200
3. Варианты проектирования крупных карт	150	§ 61. Превышение гребня дамб и берм над горизонтом воды в канале	200
§ 47. Расчетные расходы оросительных каналов	151	§ 62. Минимальный радиус закругления неукрепленных оросительных каналов	201
§ 48. Расчетные расходы (брутто) оросительных каналов	155		
§ 49. Определение потерь воды на фильтрацию и испарение из оросительных каналов	159		
Формулы для более точного определения потерь воды на фильтрацию в каналах постоянного действия	170		
§ 50. Потери воды в периодически действующей сети	172		
а) Расчетная длина каналов	172		
б) Процент потерь на километр длины канала (δ)	174		
в) Упрощенный метод подсчета потерь при разных формах водооборота	177		
§ 51. Расчетные командные горизонты воды в оросительных каналах	178		
Глава IX. Гидравлический расчет и элементы поперечного профиля оросительного канала			
§ 52. Основные расчетные формулы гидравлического расчета и значения коэффициента шероховатости в каналах и естественных руслах	180		
§ 53. Незаиляющие скорости в оросительных каналах	186		
1. Формулы Кеннеди и Гриффитс-Ласея	186		
2. Формула проф. А. А. Черкасова	187		
3. Формула проф. В. Н. Гончарова	188		
		Глава X. Дорожная сеть	201
		§ 63. Дорожная сеть	201
		Глава XI. Дождевание	
		§ 64. Общие сведения	203
		§ 65. Классификация дождевальных устройств и систем	204
		1. Передвижные дождевальные установки (переносные и перевозные)	204
		2. Стационарные и полустационарные дождевальные оросительные системы	205
		3. Мостовые дождевальные агрегаты	205
		4. Деление дождевальных систем по напору дальности полета струи воды	205
		§ 66. Главнейшие понятия и терминология, употребляемые в дождевании	206
		§ 67. Короткоструйная дождевальная установка КДУ. Список частей и оборудования КДУ	210
		Короткоструйная дождевальная установка КДУ (модель 1940 г.)	216
		§ 68. Короткоструйная дождевальная установка МООС2	216
		1. Основные показатели дождевальной установки МООС2	218
		2. Список частей и оборудования МООС2	218
		§ 69. Дальноструйная дождевальная установка системы ВНИИГИМ, модель 1939 г.	218
		1. Показатели работы дождевального аппарата ВНИИГИМ	223
		2. Спецификация дальноструйной дождевальной установки ВНИИГИМ, модель 1939 г.	224

3. Характеристика работы установки	224	§ 81. Сбросная сеть в условиях рисовыххоза	256
§ 69а. Дальноструйная дождевальная установка системы ЮжНИИИ и МНИИ-МИ	224	§ 82. Планировка полей в условиях рисового хозяйства	256
Основные показатели аппарата системы ЮжНИИИ и МНИИМИ	225	Приложение 1 к главе XII	257
§ 70. Коромысловый дальноструйный дождевальный аппарат системы ЗахНИИВХ	225	Приложение 2 к главе XII	258
Основные показатели коромыслового аппарата системы ЗахНИИВХ	226	Глава XIII. Планировка орошаемых площадей	259
§ 71. Капитальные и эксплуатационные затраты при применении дальноструйных дождевальных установок	226	§ 83. Общая часть	259
§ 72. Консольный дождевальный агрегат	226	§ 84. Масштаб и техника съемки под планировочные работы	261
1. Основные показатели агрегата	232	§ 85. Основные агротехнические условия планировки	262
2. Технические условия на проектирование сети для работы двухконсольного дождевального агрегата	232	§ 86. Планировка под полив затоплением	262
§ 73. Стационарные и полустационарные дождевальные установки	232	1. Подсчет кубатуры планировочных работ по горизонталям	263
1. Проектирование стационарной насосной станции	234	2. Подсчет кубатуры планировочных работ по точкам	265
2. Проектирование стационарных напорных трубопроводов	234	§ 87. Планировка под полив напуском по полосам и под полив по бороздам	269
§ 74. Эффективность дождевания	235	1. Технические условия и требования полива напуском по полосам	269
1. Влияние дождевания на структуру почвы	235	2. Технические условия и требования полива по бороздам без сброса	270
2. Изменения климата приземного слоя воздуха	236	§ 88. Методика проектирования планировочных работ	271
3. Внесение удобрений с водой при дождевании	237	§ 89. Проектирование планировки резервов	276
Глава XII. Орошительная сеть в условиях рисового хозяйства	238	§ 90. Производство планировочных работ	277
§ 75. Водный режим культуры риса и его значение	238	§ 91. Вопросы эксплуатации спланированных площадей	283
§ 76. Расчет орошительной нормы при режиме непрерывного затопления	241	Глава XIV. Борьба с потерями воды в ирригационной сети	284
А. Фильтрация	244	§ 92. Система мероприятий по борьбе с потерями воды в ирригационной сети	284
Б. Боковой отток	245	§ 93. Сокращение потерь путем надлежащего проектирования и строительства ирригационной системы	284
В. Потери на испарение и транспирацию	246	§ 94. Эксплуатационные мероприятия по борьбе с потерями	285
Г. Потери через периметрические валики	248	§ 95. Антифильтрационные одежды	286
Д. Дополнительные подачи воды на поля D	248	1. Типы антифильтрационных одежд	286
§ 77. Расчет нормы при режиме прерывистого затопления	248	2. Выбор типа одежды	287
§ 78. Гидромодуль	249	3. Бетонные одежды	288
§ 79. Расположение и конструкция сети в связи с механизацией	249	4. Производство работ по устройству бетонной одежды	294
1. Карта	250	5. Торкретные бетонные одежды	297
2. Чек	252	6. Эксплуатация и стоимость бетонных одежд	298
3. Валик	254	7. Асфальтовые одежды	300
§ 80. Водооборот	255	8. Глиняные одежды	302
		9. Одежды из грунто-бетонен, основанных на применении вяжущих ма-	

	териалов неорганического состава	305	§ 114. Схема орошения из водохранилищ	378
10.	Одежды из грунто-бетонов, основанных на применении вяжущих материалов органического состава	306	§ 115. Стоимость орошения на местном стоке и пути ее удешевления	378
11.	Химическая обработка грунта с целью искусственной его дисперсации	307		
Глава XV. Сбросная и водоотводящая сеть на оросительных системах		310	Глава XVIII. Лиманное орошение	
§ 96.	Назначения, основные типы и условия работы сбросной и водоотводящей сети при орошении	310	§ 116. Общие сведения	379
§ 97.	Сбросная сеть	312	§ 117. Расчет лиманного орошения	383
§ 98.	Водоотводящая сеть: горизонтальная и вертикальная	313	Глава XIX. Зоны качания при машинном орошении	
§ 99.	Горизонтальная водоотводящая сеть	314	§ 118. Установление числа зон качания	388
§ 100.	Вертикальный дренаж посредством насосных колодцев	318	Глава XX. Механизация земляных работ при устройстве ирригационной сети	
§ 101.	Составление проекта вертикального дренажа	323	§ 119. Значение механизации земляных работ	392
Глава XVI. Мелиорация засоленных и солонцовых почв		327	А. Характеристика землекопных машин и их производительность	394
§ 102.	Общие сведения	327	§ 120. Характеристика одноковшовых экскаваторов	394
§ 103.	Мелиорация засоленных почв	333	§ 121. Производительность одноковшовых экскаваторов	405
§ 104.	Мелиорация солонцов	341	§ 122. Многоковшовые экскаваторы-канавокопатели	408
Глава XVII. Орошение и обводнение из водохранилищ местного стока		343	§ 123. Многоковшовые экскаваторы МЭДО для очистки каналов	409
§ 105.	Общие сведения	343	§ 124. Скреперные установки	412
§ 106.	Выбор места для устройства водохранилища	343	§ 125. Тракторные скреперы	413
§ 107.	Годовой сток и его изменчивость в многолетнем разрезе	344	§ 126. Конные скреперы	420
§ 108.	Сезонность стока	347	§ 127. Грейдер-элеваторы	421
§ 109.	Максимальный расход	349	§ 128. Грейдеры (прицепные)	424
§ 110.	Влияние регулирующей емкости водохранилища на Q_{\max}	353	§ 129. Бульдозеры	425
§ 111.	Потери воды из водохранилищ	353	§ 130. Плужные канавокопатели	427
§ 112.	Общие соображения к определению мертвого объема водохранилища	357	§ 131. Канавокопатели - волокуши одностороннего отвала	431
1.	Условия заиления водохранилищ	357	§ 132. Валикоделатели	433
2.	Мертвый объем в связи с расположением отдельных частей водохранилища	359	§ 133. Разрыхлители	435
§ 113.	Водохозяйственные расчеты	360	§ 134. Тракторы, автомашины и саморазгружающиеся тракторные повозки	436
А.	Метод расчета	361	§ 135. Расход горючего и смазочных материалов	439
Б.	Исходные данные	361	Б. Механизированное производство земляных работ при сооружении ирригационной сети	
В.	Порядок расчета	362	§ 136. Подготовительные работы	441
Г.	Пример расчета водохранилища	371	1. Разбивка земляных работ	441
			2. Срезка и удаление растительного слоя	442
			3. Разрыхление грунта под дамбами	443
			4. Планировка трассы	443
			§ 137. Основные работы	444
			1. Обозначение дамб каналов из внешних резервов	444

2. Устройство каналов в полувыемке-полунасыпи	447
3. Разработка каналов в выемке с укладыванием грунта в кавальеры	449
§ 138. Сопутствующие и отделочные работы	450
В. Потребное количество машин на разработку 1000 м³ грунта при устройстве каналов. Годовая выработка машин и годовой режим работы машин	451

§ 139. Потребное количество машин на разработку 1000 м ³ грунта при устройстве каналов	451
§ 140. Годовая выработка землеройных машин	457
Приложение к главе XX. Единые нормы времени и расценки 1929 г.	458

РАЗДЕЛ II

ОСУШЕНИЕ

Глава I. Значение осушения для народного хозяйства	460
§ 1. Задачи осушения	460
§ 2. Применение осушения в разных отраслях народного хозяйства	460
3. Оптимальный водно-воздушный режим почв для лугов и пастбищ	461
§ 4. Влияние осушения на свойства почво-грунтов, на растительность и урожайность	462
Глава II. Естественно-исторические условия осушаемых земель	465
§ 5. Климат	465
§ 6. Рельеф местности	466
§ 7. Гидрогеологическое строение	466
§ 8. Причины образования болот и излишнего увлажнения минеральных земель	466
1. Основные типы водного питания болот и минеральных земель	468
2. Причины заболачивания	469
§ 9. Болота и их строение	469
§ 10. Переувлажненные минеральные грунты	471
§ 11. Характеристика водосборной площади	472
Глава III. Определение расчетных расходов	473
§ 12. Расчетные расходы	473
§ 13. Модуль поверхностного стока	474
§ 14. Определение величины поверхностного стока дождевых осадков с небольших водосборных площадей для района Москвы	474
§ 15. Определение максимального расхода талых вод. Формула проф. Д. Л. Соколовского	478
§ 16. Обычные эмпирические формулы для расчета стока в осушении	484
Интенсивность осадков	488

§ 17. Дренажный сток (внутренний)	489
Глава IV. Основные элементы осушительных систем и принципы их распределения	493
§ 18. Зависимость распределения осушительных систем от местных естественных условий	493
§ 19. Распределение элементов сети в зависимости от водного питания	493
§ 20. Основные приемы осушения	494
§ 21. Элементы осушительной сети	496
§ 22. Правила трассировки магистральных каналов на болотах и временно увлажненных почво-грунтах	498
§ 23. Нагорные каналы	498
§ 24. Ловчие каналы	499
Глава V. Систематический дренаж	500
§ 25. Задачи дренажа	500
Схемы расположения систематической дренажной сети в плане	500
§ 26. Определение расстояний между дренами	501
§ 27. Теоретические методы определения расстояния между дренами	501
1. Формулы для установившегося движения	501
2. Формулы для неустановившегося движения	502
§ 28. Методы эмпирические	504
§ 29. Глубина заделки дрен	506
§ 30. Длина коллекторов и дрен	506
§ 31. Конструкция дрен	506
§ 32. Кротовый дренаж	509
§ 33. Гидравлический расчет дренажей	510
Расчет размеров дрен	510
§ 34. Уклоны в дренаже	514
§ 35. Сопряжения дренажных труб	516
§ 36. Сооружения на дренажной сети	516

Глава VI. Гидравлический расчет каналов	517	§ 59. Осушение для добычи торфа по фрезерному способу	552
§ 37. Основные данные для расчетов каналов	517	§ 60. Расстояния между картовыми каналами при различных способах добычи	553
§ 38. Формулы для поверочного расчета каналов	518	Глава X. Осушение при путях сообщения и на аэродромах	554
§ 39. Последовательность в гидравлическом расчете	521	§ 61. Осушка полосы под насыпь	554
§ 40. Сопряжения основных и боковых каналов	532	§ 62. Осушение выемок	555
Глава VII. Осушительные системы в специализированных хозяйствах	533	§ 63. Осушение насыпей	555
§ 41. Осушение лугов	533	А. Меры, предупреждающие застой воды в балластном слое	555
§ 42. Осушительные системы в хозяйствах для технических культур (льна, рами, конопля и т. п.)	534	Б. Меры, предупреждающие сплыв и размыв откосов	556
§ 43. Осушительные системы в животноводческих хозяйствах, а также под овощные культуры и кормовые корнеплоды	536	§ 64. Конструкция глубоких дренажей	556
Осушение под овощные культуры и кормовые корне-клубнеплоды	536	§ 65. Каптакные штольни	556
§ 44. Конструкция сечений магистральных и других каналов	537	§ 66. Борьба с пучинами посредством осушения и нагорные канавы	557
Глава VIII. Устойчивость русла каналов	537	§ 67. Осушение под автодорожное полотно	558
§ 45. Зарастание русла	537	§ 68. Осушение аэродромов	558
Меры борьбы с зарастанием каналов	538	Глава XI. Урегулирование рекводоприемников	559
§ 46. Оползни откосов и берм канала	538	§ 69. Общие сведения	559
§ 47. Размыв русла	539	§ 70. Типы заболоченных рекводоприемников и пригодность их для включения в новую трассу	559
Методы, предупреждающие размыв	539	§ 71. Причины неудовлетворительного состояния водоприемников	560
§ 48. Наносы в русле	539	§ 72. Увеличение уклона	561
Методы, предупреждающие образование наносов	539	§ 73. Уменьшение шероховатости	561
Борьба с буз-й в каналах	541	§ 74. Борьба с неравномерностью движения в заболоченных реках	561
§ 49. Осадка торфов	541	§ 75. Сопряжение притоков с регулируемой рекой	564
§ 50. Форма и заложение откосов в однородном грунте	544	§ 76. Данные, необходимые для проектирования выправительной трассы и осушки поймы	565
§ 51. Основные условия статической устойчивости откосов и каналов	545	§ 77. Правила для проектирования выправительной трассы	566
§ 52. Конструкция русла каналов с применением креплений	546	§ 78. Формы и размеры сечений русла	567
Основные уравнения для расчета крепления в каналах	548	§ 79. Продольный профиль по трассе	568
Глава IX. Осушение для торфодобычи	549	§ 80. Гидравлический расчет сечений	569
§ 53. Предварительная осушка залежи	549	§ 81. Требования, которым должна удовлетворять сбросная часть регулируемого русла	570
§ 54. Схема осушительной сети для торфодобычи	550	§ 82. Обвалование	571
§ 55. Выбор водоприемника	550	Глава XII. Выполнение осушительных каналов	573
§ 56. Сборные и валовые каналы	550	§ 83. Разбивка каналов на местности (перенос проекта канала в натуру)	573
§ 57. Системы для осушки залежи	551	§ 84. Ручная прокопка новых каналов	574
§ 58. Осушка полей разлива гидроторфа	552		

§ 85. Услужение и ушерение существующих русел (капитальный ремонт)	575	Г. Врема достижения подпорными кривыми предельных положений	608
§ 86. Кавальеры и воронки.	576	§ 97. Борьба с последствиями подтопления	609
§ 87. Классификация машин для прокопки более крупных осушительных каналов.	576	1. Выборочный (головной) канал или дренаж	609
§ 88. Выбор машин для каналов требуемого профиля	577	2. Глубинный водоотлив.	611
§ 89. Понтоны	578	3. Висячие шпунты, или замки	613
§ 90. Главнейшие моменты в определении типа, размеров и числа снарядов, необходимых для исполнения заданной работы	578	§ 98. Обвалование при подтоплении	613
Глава XIII. Осушение территорий промышленных предприятий и коммунальных хозяйств		1. Фильтрация из обвалованной реки на пойму	614
§ 91. Требования промышленных и коммунальных предприятий к водно-физическому состоянию грунтов	589	2. Расчет понижающего действия висячего канала на пойме при обваловании	617
§ 92. Методы осушения территорий промышленных и коммунальных предприятий при разных естественно-исторических условиях.	590	Глава XV. Осушение в антималарийных целях	
§ 93. Типы заболачивания населенных мест и заводских территорий и схемы ликвидации заболачивания	592	§ 99. Причины, вызывающие применение осушения при антималарийной борьбе	619
§ 94. Конструкция труб для глубоких дренажей	595	§ 100. Типы мелководий как объекты гидротехнического воздействия	619
Глава XIV. Подтопление при гидростроительстве		§ 101. Ликвидация мелководий в виде впадин	620
§ 95. Основные понятия	598	§ 102. Ликвидация мелких водоемов посредством поглощающих колодцев	621
§ 96. Прогноз подтопления	598	§ 103. Ликвидация мелководий при пологих откосах водоемов или русел	621
А. Способы, в которых в основу прогноза положен стабильный горизонт грунтовых вод до подпора	600	§ 104. Увеличение бытовых скоростей в руслах	622
Б. Способы расчета подпорных кривых, исходящие из расхода грунтового потока	602	§ 105. Осушение площадей от грунтовых или поверхностных вод	623
Определение нижнего расчетного сечения	604	§ 106. Ликвидация условий для развития анодуса при намывном делювиальном водном питании	623
В. Учет колебания горизонтов грунтовых вод	608	§ 107. Особенности устройства гидротехнических сооружений на сети в антималарийных целях	623

РАЗДЕЛ III

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ОВВОДНЕНИЕ, МЕЛИОРАТИВНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ И НАСОСЫ

Глава I. Нормы водопотребления		§ 5. Классификация воды	630
§ 1. Личные потребности человека	624	§ 6. Нормы качественного бактериологического состава воды (нормы Micheli'a)	631
§ 2. Производственные потребности	625	§ 7. Нормы, характеризующие воду по содержанию в ней кишечной палочки (нормы Whurppl'a)	631
§ 3. Расчетные нормы водопотребления.	627	§ 8. Нормы физико-химического и бактериологического состава воды, идущей на питьевые нужды животных	631
Глава II. Нормы физико-химического и бактериологического состава питьевой воды		§ 9. Нормы физико-химического и бактериологического состава воды для промышлен-	
§ 4. Показатели качества питьевой воды	629		

	ных и хозяйственных надобностей	632			
Глава III. Выбор источника водоснабжения		633			
§ 10. Характеристика источников		633			
§ 11. Условия для выбора источников		634			
Глава IV. Проектирование кантажных сооружений		635			
§ 12. Шахтные колодцы		635			
§ 13. Трубчатые колодцы		645			
§ 14. Вакуум-колодцы		650			
Глава V. Колодезные водоподъемники и насосы		650			
§ 15. Колодезные водоподъемники		650			
§ 16. Насосы		652			
Глава VI. Кантаж ключей		652			
§ 17. Кантаж восходящих ключей		652			
§ 18. Кантаж нисходящих ключей		659			
Глава VII. Проектирование водохранилищ		666			
§ 19. Выбор места для плотины и водохранилища		666			
§ 20. Расчет объема водохранилища		666			
Глава VIII. Проектирование сооружений для сбора атмосферных вод		668			
§ 21. Проектирование цистерн для сбора атмосферных вод		668			
§ 22. Проектирование снежников		669			
Глава IX. Проектирование водопроводов		669			
§ 23. Классификация и схемы водопроводов		669			
Схемы водопроводов		670			
§ 24. Водозаборные сооружения		674			
1. Водозаборные сооружения на реках, озерах и т. п.		674			
2. Сооружения для забора воды из ключей		676			
3. Водозаборные сооружения в виде шахтных и трубчатых колодцев		678			
§ 25. Водопроводная сеть		681			
1. Общие положения		681			
2. Проектирование водопроводной сети		683			
3. Порядок ведения проектного гидравлического расчета водопроводной сети		684			
§ 26. Очистные сооружения		685			
§ 27. Насосные станции		689			
§ 28. Водонапорные башни и резервуары		691			
§ 29. Пневматическое водоснабжение		695			
§ 30. Водопроводные трубы		696			
			§ 31. Арматура водопроводной сети		701
			1. Домовая сеть		701
			2. С.-х. водоразборные устройства		702
			3. Полевые водоразборники из водохранилища		702
			4. Водопойные устройства внутри помещения		703
			Приложение I. О санитарной охране водопроводов и источников водоснабжения		703
			Приложение II. Нормы пожарного водоснабжения в сельских населенных пунктах (в колхозах)		706
			Глава X. Мелпоративные насосные станции		708
			§ 32. Типовые схемы водоподъемных сооружений		708
			§ 33. Отдельные элементы иригационной схемы водоподъемных сооружений		710
			1. Водозаборные сооружения		710
			2. Водоподводящие сооружения		712
			3. Отстойники		712
			4. Насосная станция		712
			§ 34. Типы иригационных насосных станций		714
			§ 35. Выбор двигателей для насосных станций		715
			1. Типы применяемых двигателей		715
			2. Выбор типа двигателя для насосной станции (предварительные соображения)		718
			§ 36. Передача энергии от двигателя к насосу		720
			§ 37. Ременная передача		722
			I. Виды ременной передачи		722
			II. Приводные ремни		724
			III. Типовой расчет передачи хлопчатобумажными ткаными ремнями		724
			IV. Типовой расчет передачи хлопчатобумажными шитыми ремнями		726
			V. Типовой расчет передачи шерстяными ткаными ремнями		727
			6. Стандартные диаметры шкивов и нормальные числа оборотов		728
			§ 38. Определение напора и мощности насосной установки		729
			§ 39. Коэффициент полезного действия насосной установки		730
			§ 40. Приемная камера и всасывающие трубы насосов		731
			§ 41. Напорные трубопроводы и их арматура		734
			§ 42. Определение экономического диаметра напорных водопроводов		736

§ 43. Определение эксплуатационных показателей работы насосной станции	736	§ 62. Диагональные и пропеллерные насосы	794
§ 44. Перекачивательные насосные станции	737	§ 63. Приспособления для заливки центробежных насосов	794
§ 45. Выбор типа насосной станции и насосов	738	§ 64. Вертикальные центробежные насосы для шахтных колодцев	795
§ 46. Примеры оросительных насосных станций	739	§ 65. Вертикальные насосы для буровых скважин; центробежные (радиальные), диагональные и пропеллерные	796
§ 47. Осушительные насосные станции	747	§ 66. Высота всасывания центробежных насосов	797
1. Классификация	747	§ 67. Ориентировочное определение основных размеров рабочего колеса центробежного насоса	799
2. Сборные резервуары	749	§ 68. Определение условий работы центробежных насосов	799
3. Примеры осушительных насосных станций	751	§ 69. Параллельная работа насосов	800
§ 48. Автоматизация насосных станций	752	§ 70. Сведения для выбора центробежных и пропеллерных насосов	801
1. Общие положения	752	1. Центробежные насосы	801
2. Основные элементы автоматизации	754	2. Пропеллерные насосы	805
3. Общие схемы работы автоматизированных насосных агрегатов	757	§ 71. Технические условия на поставку центробежных насосов	806
4. Выбор насосов и пример автоматической насосной станции	757		
§ 49. Насосные станции для забора подземных вод	760	Б. Поршневые насосы	807
§ 50. Примеры насосных станций с подземными источниками водоснабжения. Схемы водозабора из скважин	762	§ 72. Классификация поршневых насосов	807
§ 51. Краткая методика проектирования водопроводных насосных станций	774	§ 73. Производительность поршневых насосов	807
Глава XI. Насосы	777	§ 74. Высота всасывания и высота нагнетания поршневых насосов	808
А. Центробежные насосы	777	§ 75. Воздушные колпаки в поршневых насосах	809
§ 52. Устройство и принцип действия центробежных насосов	777	§ 76. Высота напора поршневого насоса	812
§ 53. Коэффициент полезного действия (к. п. д.) центробежного насоса	780	§ 77. Коэффициент полезного действия (к. п. д.) поршневого насоса	813
§ 54. Высота напора центробежного насоса	781	§ 78. Паровые насосы	814
§ 55. Основное уравнение работы центробежного насоса	783	§ 79. Приводные поршневые насосы	815
§ 56. Рабочая характеристика центробежного насоса	785	§ 80. Ручные поршневые насосы	815
А. Конструкции центробежных насосов	788	В. Пневматические, капиллярные и гидравлические водоподъемники	818
§ 57. Многоколесные центробежные насосы	788	§ 81. Эрлифты	818
§ 58. Корпус насоса	789	§ 82. Сравнительная характеристика глубоководных насосов	822
§ 59. Основные отличительные особенности новейших конструкций центробежных насосов США	790	1. Поршневые насосы	822
§ 60. Быстроходность насосов	791	2. Вертикальные центробежные насосы	822
§ 61. Классификация вращательно-лопастных насосов	793	3. Эрлифты	823
		§ 83. Капиллярные насосы	823
		§ 84. Гидравлические тараны	825
		§ 85. Водоструйные насосы	827

РАЗДЕЛ I

ОРОШЕНИЕ

ГЛАВА I

ОРОШЕНИЕ В СССР, ЕГО ЗНАЧЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

§ 1. Зоны увлажнения

Советский Союз располагает огромнейшими площадями земель, пригодных для с.-х. использования. Современная посевная площадь (около 137 млн. га в 1938 г.) в случае надобности могла бы быть не только удвоена, но даже утроена.

Весьма значительная часть земельного фонда при этом падает на южные районы СССР, хорошо обеспеченные теплом и являющиеся особенно ценными в с.-х. отношении. Здесь имеются большие возможности для возделывания многих ценных южных культур до египетского хлопчатника и цитрусовых растений включительно.

Однако использование этих благоприятных возможностей по мере продвижения на юг все больше и больше ограничивается недостатком влаги. Южная полоса Казахской ССР, низменности и долины Узбекской, Гаджикской, Киргизской и Туркменской ССР, восточная часть Закавказья, некоторые районы Дагестанской АССР, а также юг Сталинградской области находятся уже в таких условиях естественного увлажнения, что успешное ведение земледелия оказывается возможным только при искусственном орошении.

Недостаток влаги для нормального развития с.-х. культур, хотя и менее выраженный, чем в перечисленных районах, наблюдается и в целом ряде других местностей (юг Украины, Крым, Северный Кавказ, Поволжье, северная и центральная полоса Казахстана, западная часть Алтайского края и пр.).

О характере естественного увлажнения отдельных частей Советского Союза дает представление карта зон увлажнения (рис. 1) и приводимая ниже характеристика этих зон.

1. Зона достаточного и избыточного увлажнения. Эта зона охватывает в основном северо-западную часть СССР, южную часть Дальнего Востока и некоторые другие районы, отличающиеся более или менее значительным количеством осадков и невысокой обеспеченностью теплом. Для этой зоны характерно большое распространение заболоченных и переувлажненных земель. В отдельные периоды, однако, и здесь испытывается недостаток влаги для овощных и некоторых технических культур.

2. Зона неустойчивого увлажнения. В эту зону входит полоса земель, идущая от западных границ СССР до Кузнецкого бассейна (при-

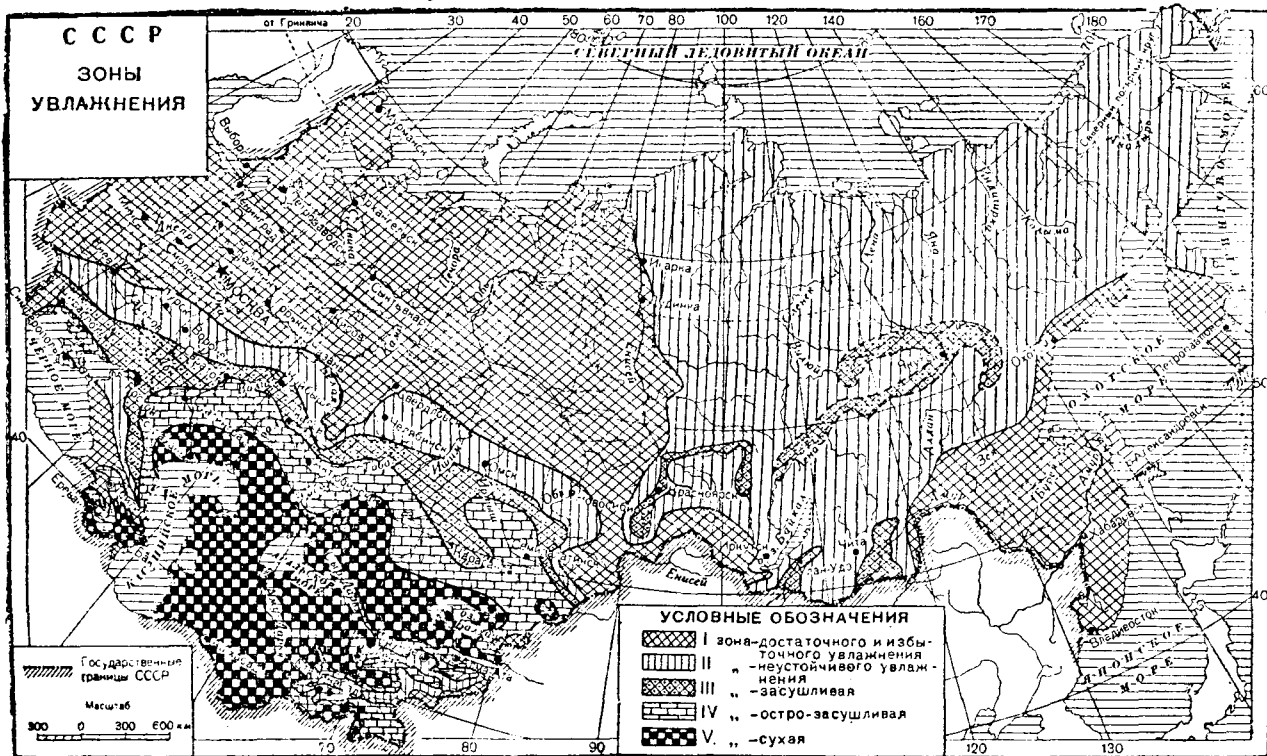


Рис. 1. Зоны увлажнения.

мерно по направлению Винница — Курск — Пенза — Челябинск — Омск — Сталинск), а также почти вся восточная Сибирь и Якутия.

Название неустойчивой эта зона получила в силу того, что в отдельные годы здесь имеет место то избыток, то недостаток влаги для основных с.-х. культур.

3. Зона засушливая. Эта зона имеет вид полосы, идущей от западной границы Союза до р. Оби на востоке, располагаясь южнее зоны неустойчивого увлажнения. Отдельные засушливые районы имеются в восточной Сибири и в Якутии. Засушливость этой зоны обусловливается не только недостатком выпадающих осадков, но и неблагоприятным распределением их во времени. Применение агротехнических методов сухого земледелия и увлажнительных работ (снегозадержание и пр.) дает в засушливой зоне очень большой эффект, обеспечивая широкие возможности для развития неорошаемого земледелия. Однако для целого ряда культур и получения устойчиво-высоких урожаев здесь нужно орошение. Поливные площади здесь имеют преимущественно страховое значение, обеспечивая получение устойчивого урожая даже в самые засушливые годы, когда продукция неорошаемых площадей резко снижается.

4. Зона острозасушливая. В эту зону входят самые засушливые районы Украины и Крыма, часть Заволжья, Северного Кавказа, Казахстана, а также предгорные территории Средней Азии (районы богарных, т. е. неорошаемых, посевов) и восточного Закавказья. Неорошаемое земледелие в острозасушливой зоне существует, но отличается крайней неустойчивостью и низким уровнем урожаев.

Основным мероприятием для борьбы с засухой в острозасушливой зоне является орошение.

5. Зона сухая. Почти все площади сухой зоны расположены в Арало-Каспийском бассейне и Балхашской котловине, охватывая все основные хлопковые районы. В мелиоративном отношении это — зона сплошного орошения, так как земледелие здесь возможно лишь при искусственном орошении.

С с.-х. точки зрения вообще и с ирригационной в частности, приведенное разделение СССР на зоны увлажнения имеет большое практическое значение.

Необходимо, однако, иметь в виду, что при делении на зоны увлажнения (как и при всяком другом делении на зоны) имеет место известная условность.

Осушение, являясь преобладающим мелиоративным мероприятием для зоны избыточного увлажнения, в отдельных, хотя и очень редких случаях может оказаться необходимым даже в сухой зоне (например, осушение Сары-Суйских болот в центре Ферганской долины). Дополнительный полив овощей дает большой эффект даже в зоне достаточного и избыточного увлажнения (например, в Ленинградской области).

С ирригационной точки зрения наибольший интерес, естественно, представляют территории, входящие в сухую, острозасушливую и засушливую зоны.

Эти три зоны вместе занимают площадь около 580 млн. га.

В сельскохозяйственном производстве страны эта огромная территория играет исключительно важную роль. Здесь сосредоточены все посевы хлопка, свыше 50% площади пшеницы, наиболее ценные южные виды овощных и садовых культур, почти все площади виноградников, около 40% крупного рогатого скота и почти 50% мелкого (овцы и козы) и т. д.

Народнохозяйственное значение этой территории в очень большой степени усиливается еще и тем, что в пределах ее или в непосредственной

близости располагается целый ряд крупнейших городов, портов и важных промышленных узлов (Донбасс, Кривой Рог, Бакинский и Эмбинский нефтяные районы, Южный Урал, Караганда, рудный Алтай и т. д.), предъявляющих очень большие требования к сельскому хозяйству как в части продовольственного снабжения населения, так и в части производства сырья для промышленного потребления.

Все это указывает на исключительную важность всех мероприятий по развитию сельского хозяйства в недостаточно увлажняемых районах. В числе этих мероприятий особую роль играет ирригация как наиболее радикальное средство борьбы с недостатком влаги для сельскохозяйственных культур.

§ 2. Современное состояние орошения в СССР

Орошение на территории, входящей в состав СССР, возникло раньше всего в Средней Азии, на Кавказе и в Крыму. Здесь оно существует многие сотни, а в некоторых случаях даже тысячи лет (по Зеравшану, в низовьях Аму-Дарьи, по Мургабу и пр.). В остальных районах Союза орошение начало применяться десятки и очень редко сотни лет назад, причем в целом ряде районов поливное хозяйство появилось лишь в последние годы.

В настоящее время (по данным за 1938 г.) общая орошаемая площадь СССР достигла 6 млн. га, что составляет лишь немногим больше 1% от всей территории, входящей в засушливую, острозасушливую и сухую зоны.

По отношению же ко всей площади земель Союза, занятых с.-х. посевами и насаждениями (около 140 млн. га), поливная площадь составляет только 4,3% (на территории СССР в границах 1938 г.).

Народнохозяйственное значение орошения очень велико. Благодаря наличию орошаемых площадей СССР добился полной победы в борьбе за хлопковую независимость. Текстильная промышленность Советского Союза сейчас полностью снабжается волокном отечественного производства, причем свыше 90% хлопкового волокна получается на орошаемых землях.

В целом ряде районов снабжение городского и сельского населения овощами и фруктами, а также сырьевая база консервной промышленности почти целиком зависят от орошения. Все большее и большее значение приобретает ирригация в борьбе с засухой и в создании устойчивого сельского хозяйства в засушливых и острозасушливых районах. Орошение является также очень важным средством рационального размещения с.-х. производства и укрепления обороноспособности страны. Велика роль ирригации и в деле осуществления принципов советской национальной политики, в деле подтягивания ранее отсталых, главным образом восточных, районов до уровня передовых. Осуществление последней задачи приобретает особое значение в связи с тем, что подавляющее большинство орошаемых площадей (свыше 90%) сосредоточено в союзных республиках Средней Азии и Закавказья и других национальных районах СССР.

Из 6 млн. га орошаемых в настоящее время площадей около 85% падает на сухую зону, а на засушливую зону около 15%.

В отношении характера сельскохозяйственного использования орошаемых площадей отдельные районы Союза резко между собой различаются.

В Узбекистане, Таджикистане, Туркмении, Киргизии, Южном Казахстане и Азербайджане основной культурой орошаемого земледелия

Площади современного орошения в СССР (данные за 1938 г.)

Республики, края и области	Площадь орошения (в тысячах гектаров)	В процентах к итогу по СССР
Узбекская ССР	1 874	31,3
В том числе Кара-Калпакская АССР	136	2,3
Туркменская ССР	384	6,4
Таджикская ССР	282	4,7
Киргизская ССР	755	12,6
Казахская ССР	951	15,8
Азербайджанская ССР	675	11,2
Армянская ССР	166	2,8
Грузинская ССР	193	3,2
Украинская ССР	63	1,0
РСФСР	505	8,4
В том числе:		
Дагестанская АССР	124	2,1
Бурят-Монгольская АССР	96	1,6
Хакасская автономная область Красноярского края	28	0,5
Крымская АССР	35	0,6
Прочие республики, края и области РСФСР	222	3,7
Неучтенные паспортизацией площади	152	2,6
Всего по СССР	около 6 000	100,0

Примечание. Таблица составлена по материалам паспортизации ирригационных систем, проведенной в 1939 г. НКЗ СССР.

является хлопок при подчиненном значении зерновых хлебов, люцерны, риса, овоще-бахчевых и других культур. Для Армении, Грузии, Северного Кавказа (Дагестан, Северная Осетия и Орджоникидзевский край) характерно преобладание зерновых хлебов, при весьма значительном удельном весе кормовых, овощей, садов, виноградников, хлопка и других технических культур.

В Азово-Черноморье (Ростовская область и Краснодарский край) большая часть орошаемых площадей занята овощными культурами. В низовьях р. Кубани, кроме того, ведется рисовое хозяйство. Орошаемые площади Крымской АССР в большей своей части используются для садоводства с несколько меньшим удельным весом овощей и незначительными площадями прочих культур.

Примечание к рис. 2—3. «Площади современного орошения». Площади кругов на карте пропорциональны размерам орошаемых площадей в соответствующих республиках, краях и областях.

№№ по карте	Название республик, краев и областей
1	Узбекская ССР.
2	Кара-Калпакская АССР.
3	Туркменская ССР.
4	Таджикская ССР.
5	Киргизская ССР.
6	Южная часть Казахской ССР (Южно-Казахстанская, Кызыл-Ординская, Джамбулская и Алма-Атинская области).
7	Азербайджанская ССР.
8	Армянская ССР.
9	Грузинская ССР.
10	Дагестанская ССР.
11	Северный Кавказ.
12	Азово-Черноморье (Ростовская область и Краснодарский край).
14	Крымская АССР.
15	Украинская ССР.
16	Сталинградская область.
17—18	Саратовская область.
19	Куйбышевская область.
20	Татарская АССР.
21	Свердловская область.
22	Башкирская АССР.
23	Чкаловская область.
24	Западная часть Казахской ССР (Западно-Казахстанская и Гурьевская области).
25	Северная и Центральная часть Казахстана (Актюбинская, Кустанайская, Северо-Казахстанская, Акмолинская и Карагандинская области).
26	Восточная часть Казахстана (Восточно-Казахстанская, Семипалатинская и Павлодарская области).
27	Алтайский край.
28	Красноярский край.
29	Бурят-Монгольская АССР.
30	Якутская АССР.
31	Дальний Восток (Приморский и Хабаровский края).

На Украине в настоящее время орошаются преимущественно овощи (при небольшой площади поливных садов и незначительном удельном весе прочих культур).

В Поволжье овощи также занимают большие площади, но здесь весьма значительную роль играют также посевы пшеницы, проса, сахарной свеклы.

Восточно-Казахстанская область является типичным примером зернового направления орошаемого земледелия, с небольшим удельным весом овощей, сахарной свеклы и прочих культур. Большой процент падает на зерновые посевы также в Хакасии и Бурят-Монголии. Кроме того, здесь (особенно в Бурят-Монголии) сильно возрастает значение поливных естественных сенокосов. Орошаемые площади Дальнего Востока используются для рисовых посевов.

Состав культуры на орошаемых землях по Союзу в целом — в таблице «Площади посевов и насаждений по СССР в целом и отдельно на орошаемых землях».

**Площади посевов и насаждений по СССР в целом и отдельно
на орошаемых землях (данные за 1938 г.)**

№ по порядку	Культуры	Площади посева (в миллионах гектаров)		Состав культур (в процентах)		Процент поливаемой площади от всей площа- ди данной культуры
		на всей пло- щади (оро- шаемые и не- орошаемые)	только на орошаемых землях	на всей пло- щади (оро- шаемые и не- орошаемые)	только на орошаемых землях	
1	Хлопок	2,08	1,58	1,5	26,3	76,0
2	Прочие технические культуры (пря- дильные, сахарная свекла и пр.) . . .	8,88	0,15	6,3	2,5	1,7
3	Зерновые культуры	102,41	1,83	73,2	30,2	1,8
4	Рис	0,16	0,16	0,1	2,7	100,0
5	Люцерна	2,17	0,60	1,6	10,0	27,6
6	Овощные и бахчевые культуры . . .	2,02	0,35	1,4	5,8	17,3
7	Сады и виноградники	1,5	0,26	1,1	4,2	16,7
8	Прочие культуры	20,78	1,07	14,8	18,3	5,3
Итого по СССР . . .		140,00	6,00	100,0	100,0	4,3

Примечание. Данные о всех посевных площадях по СССР заимствованы из книги «Посевные площади СССР в 1938 г.», ЦУНХУ. По орошаемым площадям данные взяты из материалов паспортизации 1939 г.

Сравнение состава культур на орошаемых землях и на всей площади посевов и насаждений (орошаемой и неорошаемой вместе) показывает, что поливные земли используются преимущественно под наиболее ценные технические растения (главным образом хлопок), люцерну, овощи, сады и виноградники при относительно небольшом удельном весе зерновых культур. В неорошаемом же хозяйстве имеет место решительное преобладание зерновых, занимающих здесь почти три четверти всей посевной площади.

Значение поливных площадей в очень большой степени усиливается еще и тем, что урожайность при орошении в 1½—2—4 раза выше, чем без орошения. В силу этого, а также в силу более ценного состава культур удельный вес орошаемой продукции в общем союзном балансе растениеводства следует считать во всяком случае близким к 15%, несмотря на то, что орошаемые посевы занимают лишь немного больше 4% от всей площади посевов и насаждений.

Удельный вес орошения сильно меняется по отдельным районам Сов. За.

В основных хлопководческих республиках Средней Азии и Закавказья (Узбекистан, Таджикистан, Туркмения, Киргизия, южная часть Казахстана и Азербайджан) орошаемые посевы по отношению ко всей посевной площади занимают чаще всего 50—70%, поднимаясь в Туркмении до 90% и снижаясь в Таджикистане до 35%.

Во всех этих республиках имеются отдельные административные районы и большие группы их, совершенно не имеющие неполивных посевов. Значение неполивного (богарного) земледелия в хлопковых районах резко снижается в силу крайне низких урожаев на богаре, а также тем, что

на богаре здесь могут возделываться в большинстве случаев лишь зерновые культуры. Поэтому даже при наличии относительно больших площадей богары (например, в Таджикистане) последняя в с.-х. производстве играет второстепенную роль.

К республикам с относительно большим удельным весом орошения относятся также Армения, Грузия и Дагестан.

Наряду с изменениями удельного веса орошения коренным образом меняется и характер распределения поливной площади по территории того или иного района.

В пределах сухой зоны, обладающей наибольшими площадями орошаемых земель, последние располагаются в виде крупных массивов в несколько десятков тысяч, а иногда и сотен тысяч гектаров (в долине Зеравшана — 400 тыс. га, Южный Хорезм — 220 тыс. га, Ферганская долина — 800 тыс. га и т. д.).

Орошаемые площади засушливой и острозасушливой зон представлены, как правило, мелкими участками в несколько гектаров или десятков и сотен гектаров, редко достигая нескольких тысяч гектаров.

В Украинской ССР, например, вся орошаемая площадь в 63 тыс. га (1938 г.) составляется из трех тысяч отдельных участков, разбросанных на территории свыше 15 млн. га, причем самый крупный орошаемый участок имеет поливную площадь всего в 3 тыс. га.

§ 3. Значение и перспективы орошения

Необходимость дальнейшего развития орошения диктуется прежде всего все возрастающими требованиями народного хозяйства страны на те виды с.-х. продукции, которые возделываются на орошаемых землях. В наибольшей мере это относится к хлопку, основная масса которого получается в настоящее время и будет бесспорно получаться и в будущем на поливных землях.

За годы Советской власти хлопководство достигло больших успехов, однако в отношении производства и потребления хлопчатобумажных тканей на душу населения СССР пока отстает от передовых капиталистических стран.

Чтобы догнать и перегнать передовые капиталистические страны в отношении производства хлопка, продукция последнего должна значительно возрасти. Это может быть достигнуто как за счет дальнейшего повышения урожайности, так и путем увеличения поливной площади хлопчатника.

В разрешении этих задач очень важную роль играют постановления СНК СССР и ЦК ВКП(б) «О мерах по дальнейшему подъему хлопководства в Узбекистане» от 22 декабря 1939 г., «О мерах по дальнейшему подъему сельского хозяйства и в особенности хлопка египетских сортов в Таджикской ССР» от 29 февраля 1940 г. и «О мерах по дальнейшему подъему сельского хозяйства и в особенности хлопка советских длинноволокнистых сортов в Туркменской ССР» от 21 апреля 1940 г., а также аналогичные постановления по Киргизии, Казахстану и Армении. В этих постановлениях в числе других мероприятий намечается широкая программа ирригационного строительства в хлопковых районах, чем обеспечивается не только улучшение работы действующих систем и вытекающее отсюда повышение урожайности хлопка, но и прирост новых площадей его.

Очень большой прирост орошения требуется для разрешения другой важной народнохозяйственной задачи, стоящей перед орошением — проблемы борьбы с засухой и создания устойчивого зернового и животноводческого хозяйства в засушливых и острозасушливых районах. Эта

задача должна разрешаться в Заволжье, на Северном Кавказе, на юге Украины, в Крыму и т. д., т. е. в районах, где в настоящее время имеются незначительные поливные площади, лишь в небольшой части используемые для зерновых и кормовых культур.

В одном Заволжье в течение ближайших пятилетий предстоит оросить около 1—2 млн. га, а в более отдаленном будущем довести поливную площадь в этом районе до 4—4,5 млн. га, т. е. до размеров, предусмотренных постановлением СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 22 мая 1932 г. «О борьбе с засухой и орошении Заволжья».

Весьма значительный прирост орошения требуется также для развития рисосеяния, для обеспечения продвижения на восток сахарной свеклы, для размещения на поливных землях части посевов кенафа, южной конопли, арахиса и других технических культур.

Все большее и большее значение приобретает орошение овощных культур.

Развитие орошения для овощей особое значение имеет в деле реализации решений XVIII Съезда ВКП(б) о создании пригородного овощеводства. Поливы овощей и картофеля применяются и должны применяться не только в районах недостаточного увлажнения, но также в зоне неустойчивого и даже достаточного и избыточного увлажнения, где до последнего времени поливное земледелие почти не применялось.

В целях организации правильных травопольных севооборотов для хлопка и других поливных культур, а также в интересах укрепления кормовой базы для животноводства требуются новые поливные площади под травы (главным образом люцерну) и другие кормовые растения.

Использование обарыченных земель в СССР (данные за 1938 год по материалам паспортизации)

Республики, края и области	Площадь обарыченных земель			Процент поливаемых земель	Процент неполиваемых земель
	всего	в том числе			
		фактически поливается	не поливается		
Узбекская ССР	2 672,1	1 874,0	798,1	70,1	29,9
В том числе Кара-Калнакская АССР	221,2	136,0	85,2	61,5	38,5
Туркменская ССР	886,1	384,3	501,8	43,4	56,6
Таджикская ССР	351,2	281,9	69,3	80,3	19,7
Киргизская ССР	1 038,2	754,8	283,4	72,7	27,3
Казахская ССР	2 286,8	950,7	1 336,1	41,6	58,4
Азербайджанская ССР	1 303,3	674,9	628,4	51,9	48,1
Армянская ССР	190,4	166,0	24,4	87,2	12,8
Грузинская ССР	240,5	192,9	47,6	80,2	19,8
Украинская ССР	85,0	62,9	22,1	74,0	26,0
РСФСР	959,1	505,2	453,9	52,7	47,3
в т. ч. Дагестанская АССР	276,7	124,1	152,6	44,9	55,1
Итого по СССР (без неучтенных площадей)	10 012,7	5 847,6	4 165,1	58,4	41,6

Из приведенного перечня задач, стоящих перед ирригацией, ясно, что для их выполнения необходимо весьма значительное увеличение орошае-

мой площади, выражающееся несколькими миллионами гектаров. Такое увеличение орошаемой площади может быть осуществлено как за счет строительства новых ирригационных систем, так и за счет более полного использования внутренних возможностей существующих систем. Общая площадь обарыченных земель Союза, т. е. земель, имеющих в том или ином виде ирригационную сеть, превышает 10 млн. га, из которых фактически орошается только 6 млн. га (см. таблицу «Использование обарыченных земель СССР»).

Орошаемые районы СССР располагают, таким образом, около 4 млн. га неиспользуемых обарыченных земель. Сюда относятся площади, расположенные в пределах существующих систем, но не орошающиеся в силу различных причин (нехватка воды, недостаток трудовых ресурсов, засоление, заболоченность, прекращение поступления воды в систему и иных причин).

При проведении целого ряда строительных, ремонтных и почвенно-мелиоративных мероприятий весьма значительная часть неиспользуемых обарыченных площадей может быть снова занята поливными посевами. Эта задача сильно облегчается тем, что свыше 80% неиспользуемых обарыченных земель имеют исправную ирригационную сеть или требующую лишь более или менее сложного ремонта и восстановления. В пределах действующих ирригационных систем СССР имеется, кроме того, около 1,5 млн. га целинных земель, т. е. площадей, находящихся в зоне командования систем и пригодных для орошения, но не имеющих оросительной сети.

Внутренние ирригационные возможности на существующих системах, таким образом, оказываются очень большими, и использованию их должно уделяться не меньше внимания, чем строительству новых.

Полная реальность и большой эффект работ по использованию огромных внутренних возможностей ирригационных систем весьма убедительно подтверждаются замечательными результатами широкого народного движения, развернувшегося в 1939 г. и выразившегося в строительстве Большого Ферганского канала им. Сталина в Узбекистане, Самур-Дивичинского канала им. Сталина в Азербайджане, Сулу-Чубутлинского канала в Орджоникидзевском крае, Урало-Кушумского канала в Западном Казахстане и многих других строек, возникших по инициативе колхозников и выполненных в основном силами самих колхозов. Широкое участие колхозной массы в ирригационном строительстве обеспечивает не только быстрое выполнение работ, но и немедленное освоение включаемых в орошение площадей.

В результате осуществления скоростного строительства только за один 1940 г. коренным образом улучшено орошение многих сотен тысяч гектаров существующих поливных земель и, кроме того, обеспечен прирост новых орошаемых площадей на 250 тыс. га, тогда как до Великой Октябрьской социалистической революции прирост в размере 300 тыс. га был получен за 35 лет.

Скоростное строительство 1939 г. явилось лишь началом огромной работы по использованию больших внутренних возможностей ирригационных систем.

На основе опыта работ 1939 г. проектируется дальнейшее развитие орошения с применением скоростных методов. Указанными выше постановлениями СНК СССР и ЦК ВКП(б) по Узбекистану, Таджикистану и Туркменистану предусмотрено увеличение орошаемой площади к 1944—1945 гг. на несколько сотен тысяч гектаров, а если учесть и перспективы орошения по другим республикам, то общее увеличение поливной площади к 1944—1945 гг. будет еще более значительным, тем более что возможности для быстрого роста орошения в СССР очень велики.

Годовой сток всех рек, протекающих по засушливой, острозасушливой и сухой зонам СССР, составляет около 700 млрд. м³. При использовании всей этой воды для целей орошения ее могло бы хватить для площади около 100—120 млн. га. Однако необходимость учитывать интересы других отраслей водного хозяйства позволяет рассчитывать на использование лишь части водных ресурсов. Кроме того, далеко не все водные и земельные ресурсы находятся в благоприятном сочетании. Так, например, весьма обширная территория засушливых и острозасушливых степей Центрального Казахстана удалена на многие сотни километров от крупных источников орошения. В низовьях Волги земельный фонд, пригодный для орошения, оказывается в несколько раз меньше, чем водные запасы. Наконец, и степень возможного ирригационного использования того или иного водотока существенно влияет и режим источников орошения, который часто не соответствует требованиям ирригации. Наряду с реками, имеющими в общем благоприятный режим для орошения (Аму-Дарья, Терек и др.), имеется много крупных рек, отличающихся весьма неравномерным стоком с максимумом в ранневесенний период при небольших расходах поздней весной и летом (Волга, Днепр, Дон, Кура и др.).

Минимумы расходов здесь падают как раз на периоды наибольшей потребности растений в воде. В этих случаях при орошении больших площадей возникает необходимость в регулировании стока, что сопряжено обычно с большими трудностями технического порядка и далеко не всегда целесообразно экономически. Все перечисленные выше моменты, ограничивающие ирригационное использование водных ресурсов, нашли свое отражение в имеющихся (почти по всем крупным бассейнам Союза) ирригационных проектировках. Сводка этих проектировок по всему Союзу дает площадь реально возможного орошения, близкую к 40 млн. га. Если же учесть предстоящее техническое улучшение ирригационных систем, а также развитие дождевания и других методов полива, экономящих воду, то при использовании тех же водных ресурсов площадь возможного орошения определится в 50—60 млн. га, т. е. величиной, в 7—10 раз большей площади современного орошения.

Большие запасы земель перспективного орошения, а также довольно равномерное распределение их по территории (см. карту, рис. 4) позволяют не только разрешить все задачи, возлагаемые на орошение в ближайший период, но и сделать в каждом ирригационном районе отбор наиболее эффективных объектов.

Это положение подтверждается данными по отдельным ирригационным районам.

§ 4. Основные ирригационные районы СССР

В ирригационном отношении весь Союз делится на следующие семь районов (см. карту, рис. 4):

- 1) Средняя Азия с Южным Казахстаном,
- 2) Закавказье,
- 3) Предкавказье,
- 4) Украинско-Крымский район,
- 5) Волго-Уральский район,
- 6) Обь-Иртышский район,
- 7) Восточные районы (Хакассия, Бурят-Монголия, Якутия и Дальний Восток).

Средняя Азия и Закавказье. Первые два района — Средняя Азия и Закавказье, объединяемые обычно в группу так называемых хлопковых районов, как в отношении современного орошения, так и в отношении

задач и перспектив орошения, коренным образом отличаются от остальных ирригационных районов. Ведущей культурой здесь является поливной хлопок. Очень важное значение имеет также люцерна как основной компонент хлопка в хлопково-люцерновых травопольных севооборотах. Все другие культуры возделываются, как правило, или в севообороте с хлопком, или же занимают площади, непригодные для него.

Другой характерной особенностью хлопковых районов является то, что орошаемое земледелие в них решительно преобладает над неорошаемым, тогда как в большинстве прочих районов оно играет подсобную роль. Как Средняя Азия, так и Закавказье являются старыми районами орошения. Основная масса поливных площадей здесь обслуживается старыми системами неинженерного типа, существующими многие десятки и сотни лет. Эти системы устроены весьма примитивно и в большинстве случаев неудовлетворительно выполняют свою роль:

Поэтому одним из важнейших мероприятий в области ирригации по этим районам является техническая реконструкция действующих систем. Необходимо устройство улучшенных водозаборных сооружений, уничтожение многоголова и параллелизма магистральных каналов, снабжение ирригационных систем регулирующими и иными сооружениями на сети, а также устройство сооружений и сети, обеспечивающих отвод избыточных вод. Очень большим недостатком старых систем является то, что обслуживаемая ими площадь разбита на мелкие и мельчайшие поливные карты, размеры которых исчисляются в некоторых случаях долями гектара. Интересы механизированного хозяйства требуют укрупнения этих карт, а следовательно, переустройства также мелкой ирригационной сети. Повышение технического уровня ирригационных систем не только резко улучшит снабжение водой существующих орошаемых посевных площадей, но даст, кроме того, возможность получить значительный прирост поливных посевных площадей за счет более интенсивного использования имеющихся здесь обарыченных земель.

Помимо больших резервов для увеличения орошаемой площади в пределах действующих систем, Средняя Азия и Закавказье обладают также большими возможностями для развития орошения путем строительства новых систем.

Общая площадь возможного орошения в Средней Азии (с Южным Казахстаном) исчисляется в количестве до 12—14 млн. га. Здесь имеется, следовательно, возможность увеличить современную орошаемую площадь в три раза.

Примерно такое же положение имеет место и в Закавказье. При полном использовании водных и земельных ресурсов в Закавказье можно оросить около 2,5 млн. га против современных 1,1 млн. га. Эти цифры указывают на то, что основные хлопковые районы располагают очень большими возможностями орошения, вполне обеспечивающими необходимое развитие хлопководства не только в ближайшие пятилетия, но и в весьма отдаленной перспективе.

Основные ирригационные задачи при этом могут быть здесь разрешены путем переустройства действующих систем и строительства новых систем в районах, уже имеющих орошаемые площади и в той или иной мере освоенных.

В Средней Азии в таком крупнейшем орошаемом оазисе, как Ферганская долина, при полном использовании водных и земельных ресурсов можно получить прирост орошаемой площади в размере около 400 тыс. га. Сотнями тысяч гектаров выражаются также площади возможного прироста в бассейне Зеравшана, в низовьях Аму-Дарьи, бассейне Чирчика и Голодной Степи. Мургабский и Тедженский оазисы в Туркмении,

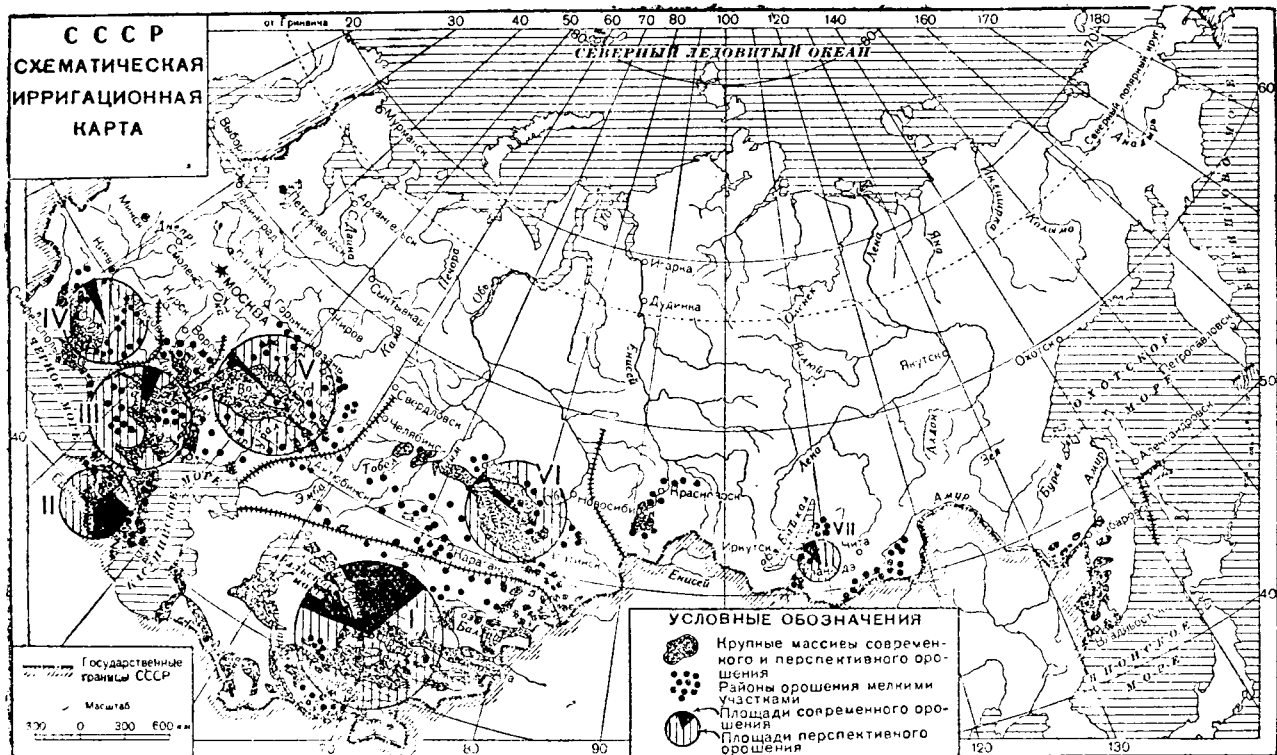


Рис. 4. Схематическая ирригационная карта СССР.

Примечание к рис. 4. Схематическая ирригационная карта СССР.
Ирригационные районы:

- I. Средняя Азия и Южный Казахстан.
- II. Закавказье.
- III. Предкавказье.
- IV. Украинско-Крымский район.
- V. Волго-Уральский район.
- VI. Обь-Иртышский район.
- VII. Восточные районы.

Вахшская долина и Ходжа-Бакирганский массив в Таджикистане, Капка-Дарьинский оазис Узбекистана, Чуйская долина в Киргизии и Казахстане и ряд других орошаемых районов Средней Азии также обладают большими возможностями для увеличения орошаемых площадей.

По многим из перечисленных районов за время существования Советской власти выполнено много работ по реконструкции старых систем и строительству новых, а многие из них являются объектами работ третьей пятилетки.

В Ферганской долине в 1940 г. в основном закончено строительство самого крупного в СССР Большого Ферганского канала им. Сталина (350 км), а также Северного и Южного Ферганских каналов. Все эти каналы построены скоростными методами по инициативе колхозников и силами колхозников Ферганской долины в исключительно короткие сроки.

На р. Кара-Дарье в 1937 г. начато строительство Кампыр-Раватской плотины, которая должна резко улучшить водообеспеченность районов южной части Ферганской долины.

В бассейне Зеравшана работает Первомайская плотина, являющаяся одним из крупнейших ирригационных сооружений в Средней Азии.

В 1940 г. начата постройка наибольшего в СССР (из ирригационных) Катта-Курганского водохранилища, коренным образом улучшающего водообеспеченность нижнего течения Зеравшана.

В 1939 г. закончены все основные работы по первой очереди орошения в Вахшской долине Таджикистана. На реке Мургаб в Туркмении в 1939 г. закончено сооружение Таш-Кепринского водохранилища и начато строительство водохранилища на р. Теджен.

В Киргизии на р. Чу построены Большая Чумышская плотина и целый ряд других сооружений.

В Закавказье наибольшие площади поливных земель могут быть получены в результате реконструкции современного орошения и строительства новых систем в Кура-Араксинской низменности (Азербайджан) и в Араратской долине (Армения). В одной Кура-Араксинской низменности орошаемая площадь может быть увеличена почти на 1 млн. га, однако лишь при условии регулирования стока р. Куры. В плане третьей пятилетки предусмотрено разветвление работ по строительству Мингечаурской плотины, которая наряду с большим гидроэнергетическим значением ее обеспечит также орошение хлопковых земель Сальянской, Муганской, Мильской, Карабахской и Ширванской степей Азербайджана. Эти степи вместе с самыми южными районами Узбекистана, Таджикистана и Туркмении в хлопководстве Союза играют исключительно важную роль, так как обладают благоприятными условиями для культуры самых ценных египетских сортов хлопка. Иначе говоря, Средняя Азия и Закавказье, располагая большими возможностями для количественного увеличения хлопковой продукции, играют вместе с тем решающую роль в деле качественного улучшения сырья для хлопчатобумажной промышленности. Кроме хлопковой продукции, эти районы дают также большие количества овощей, фруктов, винограда, риса, люцерны, пшеницы и других с.-х. продуктов.

Остальные ирригационные районы Союза. Предкавказье, Украинско-Крымский, Волго-Уральский, Обь-Иртышский и восточные районы — в большей своей части относятся к засушливой и острозасушливой зонам. В настоящее время по всем этим районам орошается 0,9 млн. га, т. е. в пять с лишним раз меньше, чем по двум хлопковым. Поливные площади при этом рассеяны в виде небольших, мелких и мельчайших участков на огромной территории, представляя собой как бы оазисы орошаемого земледелия среди неорошаемых пашен, сенокосов и пастбищ.

Такое размещение орошаемых земель в засушливых районах вытекает из того положения, что задачей орошения здесь является не замена неорошаемого земледелия орошаемым, а придание неполивному хозяйству устойчивости и повышение общей продуктивности земледелия.

Распределению орошаемых площадей в засушливых и острозасушливых районах благоприятствует почти повсеместное наличие здесь крупных и малых рек. В этом отношении особо важную роль играют мелкие реки, позволяющие осуществлять орошение небольших участков при помощи несложных гидротехнических сооружений. Такого рода орошение на местном стоке широко применяется колхозами в настоящее время и должно получить еще большее распространение в будущем по мере хозяйственного укрепления колхозов. За счет вод местного стока в острозасушливых и засушливых районах может быть орошена весьма значительная площадь, выражающаяся величиной порядка 2—3 млн. га. Еще больше возможности орошения из крупных рек (Днестр, Днепр, Дон, Кубань, Терек, Волга, Урал, Иртыш, Обь и др.). Площади возможного орошения здесь превышают 20 млн. га. То обстоятельство, что в бассейнах этих рек сосредоточены огромные площади земель, пригодных для орошения, дает возможность и орошению из крупных рек придать оазисный характер, располагая сравнительно небольшие участки поливных земель среди территории неполивного хозяйства.

При таком распределении орошаемых площадей ирригационные системы играют очень важную роль и в деле обводнения и водоснабжения.

Наибольшего размаха строительство обводнительно-оросительных систем достигло в Предкавказье.

Предкавказье. Одной из наиболее характерных особенностей этого района является большое развитие обводнительных мероприятий.

В 1939 г. в основном закончено строительство Терской обводнительно-оросительной системы, обеспечивающей обводнение около 1 млн. га и орошение около 25 тыс. га земель, распределенных мелкими участками в пределах обводняемой территории.

Такого же рода системой является находящаяся в постройке и частично эксплуатируемая Алхан-Чуртская, а также строящаяся Ставропольская. При полном осуществлении проблемы Ставрополя здесь будет обводнена территория в 6,5 млн. га и будет орошено около 88 тыс. га. С 1936 г. в Ставрополе ведется строительство Невиномысского канала, который должен обеспечить подачу кубанской воды в р. Егорлык для обводнения и орошения прилегающих к ней земель. Это — самый крупный объект водохозяйственного строительства третьей пятилетки по Предкавказью. К числу других крупных работ в этом районе относится также строительство рисовых систем в низовьях Кубани (Ивановская система) и реконструкция орошения в нижнем течении Терека.

В 1938 г. в низовьях Терека закончено строительство Каргалинского узла, улучшившего питание водой земель Кизлярского района, а в 1939 г. скоростными методами сооружен Сулу-Чубутлинский канал на левом берегу Терека.

Низовья Терека являются наиболее крупным в Предкавказье районом современного орошения. Значительные орошаемые площади находятся также в Дагестане, Чечено-Ингушетии, Кабардино-Балкарии и других юго-восточных районах Предкавказья. Из 270 тыс. га (кругло), орошающихся в Предкавказье, на юго-восточную часть его приходится больше трех четвертей.

Основными культурами здесь являются зерновые при большом удельном весе садов, овощных, кормовых и технических культур (хлопок, кенаф и др.).

В остальной (северо-западной) части Предкавказья орошение представлено в основном мелкими и мельчайшими участками, используемыми преимущественно для овощных посевов. Исключение представляют рисовые системы в низовьях Кубани.

Ирригационные возможности Предкавказья очень велики.

Возможные к орошению земли сосредоточены в бассейнах Терека, Кубани, Дона и в расположенной между ними огромной Манычской котловине. Эти площади могут быть использованы для культуры пшеницы, риса, для технических культур (хлопок, кенаф и др.), овощей, садов, виноградников, люцерны и других кормовых растений. Наиболее благоприятными условиями для развития на орошаемых землях технических культур, садов и виноградников обладают юго-восточные районы Предкавказья.

Украинско-Крымский район. В отношении с.-х. использования орошаемых земель Украинско-Крымский ирригационный район близок к Предкавказью. В настоящее время (данные за 1938 г.) здесь орошается около 98 тыс. га, в том числе 63 тыс. га на Украине и 35 тыс. га в Крыму. На поливных землях размещаются в основном овощи (на Украине они составляют свыше 80%) и сады (в Крыму — около 50%). Технические культуры (хлопок, кенаф, табак и пр.), зерновые и кормовые растения занимают незначительные площади. Вся орошаемая площадь Украины и Крыма, как уже указывалось выше, представлена мелкими участками, разбросанными по всей территории Южной Украины и Крыма и орошающимися в подавляющем большинстве случаев из мелких рек и из колодцев. При полном использовании вод местного стока поливная площадь Украинско-Крымского района может быть увеличена до 0,5 млн. га, а если учесть и водные ресурсы крупных рек, т. е. Днепра, Южного Буга и Днестра, то ирригационные возможности здесь достигнут 4—4,5 млн. га. В ближайшее время орошение будет, несомненно, развиваться в основном за счет строительства мелких колхозных систем на местном стоке с использованием их преимущественно для плодово-овощного хозяйства. По мере увеличения поливных площадей будет возрастать удельный вес технических растений (хлопок, кенаф, клевер, на, арахис и др.), люцерны и других кормовых растений, а также пшеницы.

В системе мероприятий по борьбе с засухой в Украинско-Крымском районе большое значение в будущем сыграет орошение нескольких сотен тысяч гектаров на Нижнем Днепре (левобережье) и в Северном Крыму. По степени засушливости этот массив приближается к Заволжью, но размер территории, охватываемой засухами меньше по площади.

Волго-Уральский ирригационный район. Этот район в настоящее время имеет сравнительно небольшую орошаемую площадь — около 75 тыс. га (в 1938 г.), ирригационные же возможности его превышают 8 млн. га. Современные поливные площади используются для зерновых, кормовых и овощных культур, причем во многих районах последние являются преобладающими. По мере увеличения орошаемой площади и удовлет-

ворения местных потребностей в овощах, роль зерновых и других культур усиливается. Перспективное же орошаемое хозяйство здесь мыслится как зерново-животноводческое с ведущей ролью пшеницы при большом удельном весе люцерны в травопольном севообороте. Имеют крупное значение сахарная свекла и овощи. Основным источником для широкой ирригации Заволжья является р. Волга и отчасти р. Урал, но большую роль играет также местный сток, водами которого можно оросить свыше 1 млн. га, т. е. в несколько раз больше, чем орошается в настоящее время. Развитие орошения на местном стоке в Волго-Уральском районе предшествует широкой ирригации, являясь серьезной подготовкой к ней. Наряду со строительством мелких систем колхозного типа здесь в настоящее время ведутся работы по нескольким более крупным массивам с орошаемой площадью в несколько тысяч гектаров каждая.

К этого рода системам относятся: Кутулукская в Куйбышевской области, Пугачовская в Саратовской области.

Идут подготовительные работы по орошению около 1 млн. га заволжских земель с тем, чтобы в дальнейшем довести орошаемую площадь Заволжья до установленных правительством размеров.

Обь-Иртышский район. Имеющиеся в Обь-Иртышском районе 170 тыс. га поливных земель используются в основной своей массе для зерновых посевов с более или менее значительным удельным весом овощей, кормовых растений и сахарной свеклы. Около 75% орошаемой площади сосредоточено в бассейне Верхнего Иртыша, т. е. в самом юго-восточном углу этого огромного бассейна, а 25% разбросаны в виде небольших участков по всей остальной территории района, главным образом по мелким рекам.

Что касается крупных рек района — Оби, Иртыша, Тобола и Ишима, то они в современном орошении играют ничтожную роль, обладая вместе с тем большими ирригационными возможностями.

Основная масса площадей возможного орошения при этом располагается по правому и левому берегам реки Иртыша, южнее и севернее г. Семипалатинска (Кулупдинская степь, Ишимская степь и др.). Крайне малая освоенность Обь-Иртышского района не позволяет ставить вопрос об орошении здесь в ближайший период крупных площадей. Главное внимание должно быть сосредоточено на развитии орошения на местном стоке с целью создания местной продовольственной и отчасти кормовой базы для промышленных центров (Жаганда, Дзержинск, Алтай и др.) и животноводческих хозяйств центрального Казахстана.

Большое значение имеет также дальнейшее развитие в этом районе орошаемого свеклосеяния, которому положено начало Алейской оросительной системой (11 тыс. га) в Алтайском крае.

Обь-Иртышский район занимает самую восточную часть основного массива земель, испытывающих недостаток увлажнения. Дальше на восток засушливые районы располагаются лишь небольшими пятнами в пределах зон неустойчивого, а также достаточного и избыточного увлажнения.

Восточные районы. В верхнем течении р. Енисей, главным образом, в Хакассии, имеется район, сильно страдающий от засух, с издавна применяющимся орошением. В настоящее время (данные 1938 г.) здесь орошается около 30 тыс. га. Эта площадь может быть значительно расширена как за счет нового строительства, так и путем переустройства старых систем.

Основными культурами на орошаемых землях здесь являются зерновые и кормовые.

В Бурят-Монголии орошается 96 тыс. га, из которых больше половины приходится на поливные естественные сенокосы. Остальная площадь занята зерновыми культурами и отчасти овощами.

Бурят-Монгольская республика располагает довольно значительными возможностями для дальнейшего увеличения поливной площади.

Особое положение занимают орошаемые районы Дальнего Востока. В пределах Еврейской автономной области, в бассейне р. Уссури и около оз. Ханка в последние годы орошалось около 10—15 тыс. га при наличии возможностей увеличить орошаемую площадь в несколько раз. Главной поливной культурой на Дальнем Востоке является рис.

Наконец, в пределах засушливых районов Якутской АССР также имеется около 2—3 тыс. га поливных площадей, занятых овощами, зерновыми и кормовыми культурами.

Из приведенной выше краткой характеристики отдельных ирригационных районов Союза с полной очевидностью выясняется, что вся территория СССР, выходящая в засушливую, острозасушливую и сухую зоны, располагает очень большими возможностями для разрешения всех народнохозяйственных задач, возлагаемых на ирригацию.

Г Л А В А II

ЗНАЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

§ 5. Общие понятия об эксплуатации

Орошаемые и осушаемые площади Союза обслуживаются целой серией оросительных и осушительных систем, в той или иной степени оснащенных сооружениями и оборудованием.

По данным паспортизации 1938 г., по Союзу насчитывается 3 917 оросительных систем, 477 осушительных систем и 13 систем обвалования. Эти системы обслуживают 36 879 колхозов, 801 совхоз и 13 544 городов и селений.

В орошаемых районах ирригационные системы являются мощным регулятором производственного процесса, обеспечивающего высокую продуктивность земель и организацию на них с.-х. производства.

Мелиоративные устройства на территории нашего Союза создавались на протяжении многих лет и потребовали огромной массы труда, материалов и времени.

Народнохозяйственная ценность всех мелиоративных систем Советского Союза в настоящее время оценивается величиной порядка 11 — 13,5 млрд. рублей.

Эта огромная народнохозяйственная ценность, созданная руками человека в течение длительного времени, требует к себе постоянного внимания, бережного отношения и четко установленных правил оперативного использования как всего мелиоративного хозяйства Союза в целом, так и отдельных мелиоративных систем.

Все мелиоративные системы Союза ССР являются социалистической собственностью государства и находятся в ведении Народного комиссариата земледелия Союза ССР и народных комиссариатов водного хозяйства союзных республик.

Основными задачами этих систем являются:

I. Для оросительных систем:

- а) забор оросительной воды из источников орошения в необходимых нормированных количествах;
- б) плановая подача и распределение оросительной воды между водопользователями (колхозы, совхозы, промышленные предприятия и т. д.);
- в) подача воды на поля и хозяйства в соответствии с требованиями с.-х. культур и почвенно-мелиоративными условиями.

II. Для обводнительных систем:

- а) забор обводнительных вод из источника обводнения или каптаж подземных вод в целях обводнения;
- б) своевременная и бесперебойная подача воды в населенные с.-х. пункты и предприятия и распределение ее по территории населенных пунктов и территории предприятий в соответствии с водохозяйственной потребностью этих хозяйств и предприятий;
- в) обезвреживание обводнительных устройств и сбросных и отработанных вод, поступающих в отводные каналы.

III. Для осушительных систем:

- а) предохранение осушаемых земельных участков от поступления излишних вод;
- б) своевременный отвод излишних вод с осушаемых участков;
- в) поддержание на полевых и луговых угодьях водного режима в соответствии с требованиями с.-х. культур.

Чтобы выполнить эти основные функции, мелиоративные системы должны быть исправны и правильно действовать.

Длительное повседневное пользование системами с целью выполнения ими поставленных перед мелиоративными устройствами хозяйственных задач является предметом технической эксплуатации мелиоративных систем.

Под технической эксплуатацией мелиоративных систем следует понимать повседневное управление работой системы в целом и ее частями, составляющими систему, на основе организации планового водопользования и заданий по регулированию водопитательного режима почв в соответствии с требованиями культур.

Функции эксплуатации таковы: пропуск воды по каналам, маневрирование водными потоками по отдельным частям системы, наблюдение за правильной работой составных ее частей (каналов, гидротехнических сооружений и оборудования и т. д.), поддержание этих частей в порядке (текущий и капитальный ремонт), управление работой отдельных сооружений и улучшение как отдельных элементов, так и частей системы с целью дальнейшего, наиболее полного использования всей системы. Чем лучше управляется, обслуживается и эксплуатируется система, тем лучше и с большей пользой для социалистического общества используются ее мелиоративные (оросительные, обводнительные или осушительные) способности.

Эксплуатация мелиоративных систем требует от ее работников технических знаний, знания своих прав и обязанностей и правил технической эксплуатации систем.

Производительность хозяйств на мелиорированных землях зависит в огромной степени от правильной эксплуатации систем, четкой постановки работы на них, от своевременного выполнения намеченных планом операций и т. д.

Чтобы хорошо эксплуатировать систему, необходимо:

- 1) хорошо знать систему и ее целевое назначение;
- 2) уметь наладить работу на основе плановой организации водопользования и заданий по регулированию воднопитательного режима почв;
- 3) правильно использовать воду и непрерывно улучшать качество орошаемых и осушаемых земель;
- 4) вести постоянный учет работы как отдельных частей системы, так и системы в целом, своевременно устранять технические неполадки;
- 5) иметь достаточные запасы нужных материалов и оборудования;
- 6) иметь хорошо обученный, сплоченный, дисциплинированный штат сотрудников.

§ 6. Оросительные системы и их состояние

Оросительные системы Союза по характеру их устройства, состоянию сети и оснащенности сооружениями делятся на следующие три вида (класса):

- 1) старые неинженерные системы;
- 2) полунинженерные системы;
- 3) инженерные системы.

Неинженерными оросительными системами обслуживается до 50% всех орошаемых площадей Союза; основная их масса сосредоточена в районах Средней Азии и Закавказья. Большинство этих систем существует сотни лет. Они создавались самим народом путем длительной борьбы населения с засухой и отражают в себе этапы борьбы населения за воду, экономические и социальные условия его существования.

Наиболее древними системами являются родовые каналы (ябы), которые устраивались отдельными группами населения, объединенными по родовому признаку.

По мере роста населения и площадей поливного земледелия эти родовые каналы расширялись, их число увеличивалось; в случаях надобности каналы объединялись в головной части в один или несколько коротких магистральных отводов, облегчающих работу по забору воды из реки, по обслуживанию головного участка. Затем начинают появляться крупные магистрали, орошающие целые районы (Хорезм); головные участки там, где это оказывается по силам, оборудуются подпорными сооружениями (Мургаб, Тежден), захватными шпорами и т. д. (Сыр-Дарья, Фергана, Бухара).

Характерными особенностями старых (неинженерных) систем является: всеобразное расположение каналов, параллелизм каналов в холостой части, извилистость и бессистемность расположения, отсутствие инженерных регулирующих сооружений, несоответствие пропускной способности с площадями командования и т. д. Вследствие всего этого неинженерные системы очень часто теряют много воды на своем пути,

воду между каналами распределяют неполно и неточно и потому имеют низкие показатели работы. Коэффициент полезного действия таких систем нередко падает до 0,3, т. е. более двух третей воды (в отдельных случаях даже четыре пятых), забранной в голове, теряется или сбрасывается непроизводительно, и только одна треть поступает непосредственно на орошаемые поля.

Средний современный коэффициент полезного действия неинженерных систем — около 0,35 — 0,40.

Площади орошения, обслуживаемые неинженерными системами, колеблются от нескольких гектаров, как, например, на кяризах и каптированных мелких ключах, с каналами величиной в мелкий ороситель на 10—15 л в секунду, до десятков тысяч гектаров, орошаемых крупными каналами, шириной в 20, 30, 50 и более метров поверху и с паводковыми расходами до 250 м³ в секунду. Подача воды на поля по неинженерным системам в силу неправильности водозабора и недостаточности горизонтов не всегда осуществляется самотеком. На очень многих таких системах можно наблюдать целую серию дополнительных приспособлений по подъему воды из каналов на поля в виде чигирей, «нова» и других простейших водоподъемников. Например, на системах Средней Азии, преимущественно в районах б. Бухарского и Хивинского ханств, до Великой Октябрьской революции ежегодно на орошении работало свыше 70 000 таких простейших водоподъемных устройств.

Еще недавно (в 1935 г.) в районах Ю. Хорезма насчитывалось 27 000 действующих чигирей и «нова», а всего по Союзу, по данным паспортизации 1938 г., насчитывается тяговых чигирей 40 396, орошающих около 60 тыс. га.

Полуинженерная система есть улучшенная старая система, снабженная регулирующей арматурой в основных узлах водораспределения и имеющая самостоятельную, продуманную систему управления водой, согласованную с оросительными возможностями и потребностями площадей командования.

На территории Союза в дореволюционное время полуинженерных систем было крайне ограниченное количество (единицы). За годы существования Советской власти во всех районах старого орошения была проделана большая реконструктивная работа, позволившая перевести в разряд полуинженерных систем огромные площади старого орошения. По данным 1935 г., только по Средней Азии значилось таких реконструированных систем 21, при площади орошения в 1 369 тыс. га. За последние годы эти работы непрерывно продолжаются, и, надо полагать, в ближайшие годы в Союзе уже не будет неинженерных систем.

Полуинженерные системы имеют более высокий коэффициент полезного действия (к. п. д.). В среднем он равняется 0,45 и колеблется от 0,40 до 0,60.

Примерами хороших полуинженерных систем могут быть Иолотанская и Мервская системы в Туркмении, Нарпай и Шахруд в Узбекистане и ряд других.

Отдельные системы этого типа обслуживают значительные площади орошения (от 10 тыс. до 70 тыс. га).

Инженерная система строится по заранее составленному проекту, с учетом природных и социально-экономических факторов. Все каналы этих систем оборудованы регулируемыми и иными сооружениями, и управление водой осуществляется по заранее установленному плану. К. п. д. инженерных систем колеблется от 0,45 до 0,70 и выше. Средний к. п. д. инженерных систем — 0,55.

В дореволюционное время инженерных оросительных систем насчитывались только единицы (Байрам-Алийская, Голодностенская, Караязская).

За 20 лет со времени Великой Октябрьской революции число их значительно возросло (несколько десятков); старые инженерные системы были также улучшены и расширены.

Из вновь построенных систем заслуживают внимания по технической оснащенности: Дальверзинская система в Узбекистане, Алхан-Чуртская и Мало-Кабардинская на Северном Кавказе и ряд систем самоотечного и машинного орошения на Дальнем Востоке, на Украине, в РСФСР и в Закавказье.

Общий процент площадей орошения, охваченный инженерными системами, равен в настоящее время 10 (и даже несколько больше).

По данным паспортизации учтено 16 800 магистральных каналов, из коих оборудовано головными сооружениями около 16%. Общая протяженность оросительной сети исчисляется свыше 700 тыс. км. Общее число сооружений на сети 61 828 и головных — 2 841, всего — 64 669; на каждую тысячу гектаров орошения в среднем по Союзу приходится около 11 сооружений.

Кроме деления оросительных систем по оборудованности и строительным признакам, следует по условиям головного питания отличать два типа систем:

- а) работающих на горизонтах источника орошения,
- б) работающих на расходах источника орошения.

Системы, работающие на горизонтах реки, являются системами бесплотинного водозабора и по характеру оборудования их головными сооружениями резко отличаются от второго типа. Эти системы своими захватными сооружениями почти не нарушают режима источника орошения, так как не имеют перегораживающих сооружений на этом источнике (реке); количество воды, которое они в состоянии забрать в магистральный канал, всегда значительно ниже меженного расхода реки (не более $\frac{1}{3}$).

К этому типу систем относится подавляющая часть неинженерных и полунинженерных систем и значительная доля инженерных — Голодностенская на р. Сыр-Дарье, Бассага-Керкинская — на Аму-Дарье и т. д.

Надо считать, что 80—85% площади орошения обслуживаются системами, работающими на горизонтах.

Системы, работающие на расходах, имеют всегда на головном участке или перегораживающее сооружение, благодаря которому горизонт воды в реке поддерживается почти один и тот же, или машинный водоподъем.

При эксплуатации этих систем центр тяжести надзора сводится к наблюдениям за расходами в источнике орошения и главным образом за их максимумом, т. е. за образованием и нарастанием паводка и причин, его вызывающих.

В отличие от систем первой категории здесь особенно большое внимание следует уделять прохождению максимумов через перегораживающие сооружения.

С эксплуатационной точки зрения система, работающая на расходах, лучше обеспечена водой; зато эксплуатация такой системы стоит дороже и требует более квалифицированных работников в деле гидротехники, ибо неумелое маневрирование водовыпусками и шлюзами может быстро нарушить правильную работу и перегораживающего сооружения и головного регулятора.

К числу систем, работающих на расходах, надо отнести системы, питающиеся из источников (рек), сток которых полностью или частично зарегулирован. Наличие водохранилищ на системах ставит перед эксплуатационными работниками ряд дополнительных задач, заключающихся в необходимости своевременно наполнить их водой, тщательно следить за сбросом воды во время прохождения паводков и составить четкий график опораживания водохранилища и пропусков воды из них.

К типу систем, работающих на расходах, следует также отнести мелкие системы орошения с ключевым и кярризмным питанием. Работа этого рода систем зависит от режима грунтовых вод района (дебит источника или кярриза), и поэтому при обслуживании такого рода систем нужно знание гидрогеологических особенностей района.

В Союзе системы, работающие на расходах, обслуживают около 20% площадей орошения. Сюда относятся все земли машинного орошения, кярризные системы, значительная часть инженерных систем (Байрам-Алийская, Караспанская, Мало-Кабардинская и др.), а также часть полунинженерных систем (Нижне-Мервская, Нижне-Теджебская и др.).

По размерам обслуживаемых площадей орошения оросительные системы делятся на следующие пять разрядов:

первый разряд — системы с общей площадью орошения свыше 100 тыс. га;

второй разряд — системы с общей площадью орошения от 50 тыс. до 100 тыс. га;

третий разряд — системы с общей площадью орошения от 20 тыс. до 50 тыс. га;

четвертый разряд — системы с общей площадью орошения от 10 до 20 тыс. га;

пятый разряд — системы с общей площадью орошения ниже 10 тыс. га.

Дополнительно системы могут быть подразделены по виду хозяйств, которые они обслуживают. Так, можно выделить системы, обслуживающие рисовые хозяйства, системы, обслуживающие хлопковые хозяйства, системы, обслуживающие зерновые хозяйства, системы, обслуживающие плодовоощные хозяйства, с соответствующими севооборотами каждая, и т. д. Ввиду специфических особенностей каждого из этих хозяйств и их требований на воду эти системы заметно отличаются друг от друга как по характеру расположения каналов и сооружений, так и по пропускной способности каналов.

§ 7. Осушительные системы и их состояние

Осушительные системы, имеющиеся главным образом в заболоченных, избыточно увлажненных районах СССР, по характеру их устройства и состояния также следует разделить на три категории:

- а) бытовые осушительные каналы и системы;
- б) системы и каналы полунинженерного профиля;
- в) инженерные системы.

К первой категории (бытовые каналы) следует отнести отдельные осушительные каналы и группы каналов, проведенных населением в целях отвода излишних вод с сельскохозяйственных угодий без какой-либо помощи со стороны мелноративных организаций.

В большинстве случаев — это отдельные каналы или группы каналов, проведенных по естественным понижениям. Они обычно обслужи-

вают небольшие площади с.-х. угодий и оканчиваются в ближайших понижениях за пределами осушенных угодий.

К типу таких бытовых осушительных каналов следует отнести заурную сеть в районах орошения. Таких бытовых осушительных каналов на с.-х. угодиях очень много, и они в сумме обслуживают огромные площади Союза и играют существенную роль в с.-х. производстве страны.

Ко второй категории (полуинженерные системы) следует отнести всю сеть осушительных каналов, выполненных гидротехническими организациями в порядке расчистки естественных русел и водотоков с целью улучшения стока и общего мелиоративного состояния с.-х. угодий в поймах рек. К этой же категории относятся и выправительные сооружения в руслах рек (спрямление русел).

Основная масса осушительных систем Союза, обслуживающая пойменные угодия, луга, пастбища, а также лесные массивы, относится к этому виду систем. В своей основной массе это—крупные системы, состоящие из сети улучшенных естественных водотоков и отдельных частей искусственно созданных каналов и регулирующих сооружений, но без мелкой регулирующей (рабочей) сети осушительных каналов. Этого рода системы обслуживают обычно группы хозяйств, а иногда и целые районы.

К категории инженерных осушительных систем следует отнести осушительные устройства, выполненные по инженерным проектам и имеющие налицо все три части системы, а именно: собственно осушительную рабочую сеть каналов (дрены), вбирающую в себя излишние воды из почвы, собирательную и отводящую сеть коллекторов и нагорных каналов и отрегулированный водоприемник.

Таких осушительных систем в Союзе немного, и они по преимуществу по размерам имеют пока мелкие и средние площади осушения в пределах одного или нескольких хозяйств (колхозов, совхозов) и редко выходят из пределов одного района. Из крупных систем такого типа следует указать на строящуюся осушительную систему Колхиды (Грузинская ССР), которая будет одной из крупных систем Союза, наиболее полно оснащенной, обладающей высокой регулирующей способностью и обслуживающей целый район.

Данные паспортизации осушительных систем Союза показывают, что более $\frac{3}{4}$ осушительных площадей представляют собой участки с площадью менее 100 га. Крупных систем имеется 12 с общей площадью осушения в 105 тыс. га. Общая длина отрегулированных водоприемников — около 2 100 км. На каждые 1 000 га осушенной площади приходится отрегулированных водоприемников 760 пог. м и собственно осушительной сети — около 40 км. На сети имеется 14 600 сооружений, или на каждые 1 000 га — 6,4 сооружения.

ГЛАВА III

ПОЧВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ПРИ РАЗНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРОШЕНИЯ

§ 8. Задачи почвенных исследований при мелиоративном проектировании

Почвенная часть мелиоративного проекта имеет своей целью:

1) дать оценку земельного фонда и на этой основе выбрать для мелиорирования лучшую территорию, удовлетворяющую данным народнохозяйственным и с.-х. требованиям;

2) почвенная часть проекта должна дать для выбранной территории основы для построения схемы и расчета отдельных элементов мелиоративного проекта, зависящих от свойств почвы;

3) почвенные данные должны служить основанием для организации правильной эксплуатации системы и наиболее эффективного с.-х. использования мелиорированной территории.

Этим целям и должно полностью отвечать содержание почвенной части проекта.

§ 9. Материалы, необходимые для проектирования

1. Почвенной основой каждой стадии проектирования является карта генетических типов и разностей почв, составленная на основании полевых и лабораторных исследований и камеральной обработки этих материалов.

2. Масштабы карт для разных стадий проектирования принимаются не ниже следующих:

- 1) схема (плановое задание) — 1 : 1 000 000 — 1 : 500 000;
- 2) проектное задание — 1 : 200 000 — 1 : 100 000;
- 3) технический проект — 1 : 50 000 — 1 : 10 000.

Примечание. В случае резко выраженной солонцевой и солончаковой комплексности почвенного покрова, не укладывающейся в принятый масштаб карты, она должна быть документирована в стадии технического проекта и проектного задания специальными «ключами», в стадии же схемы может быть охарактеризована лишь качественно по аналогии с другими, более известными районами.

3. Для каждого выделенного на карте почвенного типа или разности должны быть количественно определены характеристики, служащие для проектирования отдельных приемов (мелиоративных и агротехнических) регулирования водно-воздушного (и соответственно биологического) режима почв.

Для почв засоленных и солонцевых или угрожаемых по засолению и солонцеватости должны быть, кроме того, получены количественные характеристики, служащие для проектирования приемов (мелиоративных и агротехнических) регулирования солончаковых и солонцовых процессов.

§ 10. Мероприятия по регулированию водно-воздушного режима почв

В состав мероприятий по регулированию водно-воздушного режима почв входит решение следующих задач:

- 1) определение размеров рациональной поливной нормы;
- 2) определение элементов рациональной техники поливов;
- 3) определение рациональных величин межполивных периодов;
- 4) установление роли грунтовых вод в водно-воздушном режиме почвы;
- 5) установление наличия угрозы заболачивания.

1. Определение размеров рациональной поливной нормы

Размер рациональной поливной нормы определяется следующими показателями:

Наименование проектной задачи	Почвенный показатель для решения проектной задачи
<p>Определение рациональной поливной нормы и ее оценка: а) по соотношению с аэрацией, б) по величине потерь на испарение, в) по величине запаса полезной воды.</p>	<p>1) Величина и характер предельной влагоемкости для проектного слоя увлажнения, для разных поливов и культур. 2) Величины порозности, коэффициента увядания K_u, или максимальной гигроскопичности, или максимальной молекулярной влагоемкости.</p>

При схематическом проектировании можно пользоваться следующими средними величинами предельной влагоемкости:

Средние величины предельной влагоемкости

Наименование почво-грунтов	Предельная влагоемкость в процентах от скважности для слоя в 0,50 м	
	Солонцеватые	Несолонцеватые
Глины	85—90	70—75
Тяжелые суглинки	75—85	60—70
Средние суглинки	65—75	55—60
Легкие суглинки	55—65	50—55
Супесчаные грунты	45—55	40—50
Глинистые пески	35—45	35—40
Пески	25—35	25—35

Примечание. При отсутствии подпора грунтовых вод (глубина больше 3 м) при увеличении слоя смачивания от 60 до 100 см на каждые 10 см слоя сбрасывается от 1 до 2%.

Предельная влагоемкость. Предельной влагоемкостью почво-грунта для каждого его слоя мы называем такую максимальную степень влажности, которая удерживается почво-грунтом без стекания воды вниз.

В случае поступления в почву воды в количестве, превышающем предельную ее влагоемкость, этот излишек воды будет стекать вниз и в природных условиях подымать уровень грунтовых вод или же на водонепроницаемых горизонтах образовывать верховодку.

Определение величины предельной влагоемкости проводится в полевых условиях (метод делянок) или в лаборатории (метод монолитов).

Для иллюстрации приведем результаты определений величины предельной влагоемкости в полевых условиях. (см. верхнюю таблицу на стр. 28.)

Скважность. Скважность или норозность представляет суммарный объем промежутков между частицами почвы и выражается в процентах к общему объему почвы. Величина скважности зависит от механического состава и структуры почво-грунта. В пахотном горизонте скважность колеблется от 50—60% и выше в зависимости от агрокультурного состояния пахотного слоя; ниже скважность суглинистых горизонтов варьирует от 45 до 50%, опускаясь иногда, в иллювиальных горизонтах, до 30%.

Результаты определения величины предельной влагоемкости некоторых почв Заволжья

Тяжело суглинистая темнокаштановая почва (Заволжье)		Супесчаная каштановая почва (Заволжье)		Легко суглинистая каштановая почва (Заволжье)		Чернозем южный (Безенчук, Заволжье)	
Глубина (в сантиметрах)	Процент влажности к абсолютной сухой почве	Глубина (в сантиметрах)	Процент влажности к абсолютной сухой почве	Глубина (в сантиметрах)	Процент влажности к абсолютной сухой почве	Глубина (в сантиметрах)	Процент влажности к абсолютной сухой почве
0—10	30—35	0—17	15,5	0—15	20,0	0—5	32,3
10—20	28—31	17—26	14,4	15—25	18,4	5—10	27,4
20—30	25—30	26—36	14,1	25—35	18,6	10—20	27,9
30—37	24—27	36—46	14,2	35—45	18,2	20—30	27,8
37—50	22—25	46—57	17,6	45—55	20,0	30—40	27,8
50—64	21—22	57—67	15,5	55—65	20,9	40—50	27,6
64—74	20—21	67—75	11,4	65—75	20,4	50—60	26,7
74—84	18—18	75—83	9,1	75—85	19,5	60—70	26,7
84—94	18—18	83—95	6,3	85—95	18,0	70—80	26,1
94—104	18—18	95—110	5,3	95—100	16,8	80—90	26,1
						90—100	25,0

Характеристика почво-грунтов по общей скважности может быть дана в виде следующих усредненных показателей.

Средние величины общей скважности

Наименование почво-грунтов	Общая скважность в процентах от объема почвы	Наименование почво-грунтов	Общая скважность в процентах от объема почвы
Глины	50—60	Супесчаные грунты . . .	40—45
Тяжелые суглинки	45—50	Глинистые пески	35—40
Средние суглинки	45—50	Пески	30—35
Легкие суглинки	40—45		

Истинные удельные веса почво-грунтов колеблются от 2,5 до 2,7; объемные веса колеблются от 1,0 до 1,85.

Примеры почвенных профилей по объемному весу, удельному весу и скважности приводятся в томе II справочника на стр. 495.

Максимальная молекулярная влагоемкость. Максимальной молекулярной влагоемкостью называют такое количество воды, которое при смачивании почвы водой удерживается почвенными частицами на их поверхности молекулярными силами притяжения в виде пленки.

Максимальная молекулярная влагоемкость может быть принята как показатель влажности почвы, соответствующий коэффициенту увядания растений (K_p).

В качестве ориентировочного материала в таблице приводятся данные, характеризующие максимальную молекулярную влагоемкость различных почв в весовых процентах.

Средние величины максимальной молекулярной влагоемкости

Почвы	Максимальная молекулярная влагоемкость в весовых процентах	Почвы	Максимальная молекулярная влагоемкость в весовых процентах
Глинистые	21—26	Суглинки легкие	7—14
Суглинки тяжелые	18—21	Супеси	3—7
Суглинки средние	14—18	Пески	2—3

Максимальная гигроскопичность. Максимальной гигроскопичностью называют такое количество воды, которое адсорбируется поверхностью почвенных частиц из атмосферы, насыщенной на 98—99% парами воды. Это количество воды характеризует «мертвый» запас воды в почве, не усваиваемый растением.

В таблице приводятся ориентировочные данные, характеризующие величины максимальной гигроскопичности почв в весовых процентах.

Средние величины максимальной гигроскопичности почв

Почвы	Максимальная гигроскопичность в весовых процентах	Почвы	Максимальная гигроскопичность в весовых процентах
Глины	12—18	Легкие суглинки	3—5
Глина пылеватая	8—12	Супеси	1,5—3
Тяжелые суглинки	6—8	Пески	0,1—1,5
Средние суглинки	5—6		

Примечание. Данные приведены для незасоленных почв. В случае наличия легкорастворимых солей свыше 0,5%, максимальная гигроскопичность соответственно увеличивается в два, три и более раз выше приведенных цифр.

Для практических расчетов в качестве «мертвого» запаса принимается обычно полуторная или двойная максимальная гигроскопичность.

Классификация почв по механическому составу. Классификация почв по механическому составу в цифровых показателях имеет три варианта в зависимости от состава почво-грунта, а именно:

а) для почво-грунтов бескарбонатных (преимущественно европейской части Союза и Сибири);

б) для почво-грунтов карбонатных (преимущественно для сероземов Средней Азии и Закавказья);

в) для почво-грунтов, сильно засоленных воднорастворимыми солями (более 3% солей).

Так как засоление почв представляет (в мелиорации) явление временное и должно быть устраняемо промывками и вообще комплексом мероприятий, то третьим вариантом (как постоянным) пользоваться не следует, он приводится лишь для иллюстрации (см. на стр. 30 таблицу цифровых показателей механического состава различных почв).

Для этой номенклатуры механический анализ проводится по методу Сабанина.

Приведенная номенклатура пригодна лишь для предварительной качественной характеристики почво-грунтов и не может быть употреблена для количественных расчетов физических свойств. Для этой последней

Цифровые показатели механического состава различных почв

Наименование почво-грунтов	Процент частиц тоньше 0,01 мм		Карбонатные сильно засо- ленные (по Тюремнову)
	Почвы бес- карбонатные (по Сибир- цеву)	Карбонатные (по Димо)	
Глинистые	50	66	80
Тяжелые суглинки	50—25	66—40	80—66
Средние суглинки	25—20	40—25	66—50
Легкие суглинки	20—14	25—20	50—40
Супесчаные	14—9	20—14	40—33
Глинистые пески	9	14—9	33—25
Пески	3	9	25

цели (для количественных расчетов) нужно провести систему механических анализов каждой почвы, а именно: элементарный механический анализ, микроагрегатный и макроагрегатный (структурный) анализы, и определить их динамику.

В стадии проектного задания применяются те же укрупненные показатели с добавлением экспериментальных определений для главнейших почвенных массивов.

В техническом проекте необходимы экспериментальные определения в поле и лаборатории на монолитах.

2. Определение элементов рациональной техники поливов

Для расчета техники полива необходимы следующие почвенные показатели:

Проектные задачи по расчету техники полива и показатели для решения этих задач

Наименование проектной задачи	Почвенный показатель	Типовая качественная оценка
Элементы техники полива (размер поливной струи, длина поливной борозды или площадки).	Кривые коэффициента впитывания для разных поливов (1-й, 2-й и т. д.) и для разных способов полива.	По величине коэффициента впитывания и его динамике: хорошая — между 3—10 см в час, плохая < 3 или > 10 см в час для каждого почвенного контура или их объединений.

Коэффициент впитывания (K_p). Коэффициент впитывания характеризует скорость поступления воды в почво-грунт в единицу времени на единицу площади при том условии, что поры почвы еще не все заполнены водой. Коэффициент впитывания служит для расчета скоростей впитывания данной поливной нормы, величины поливной струи и пр. Он зависит от типа почв, мероприятий агротехнического порядка, от степени влажности почвы, от подстилающих горизонтов.

При схематическом проектировании можно пользоваться следующими ориентировочными величинами коэффициента впитывания:

Глинистые почвы	от 1 до 5 см/час
Суглинистые почвы	» 5 » 10 »
Супесчаные »	» 10 » 25 »
Песчаные »	свыше 25 »

Связь между величиной коэффициента впитывания (K_t) и величиной коэффициента фильтрации (K_D) по Дарси устанавливается по формуле А. Н. Костякова в виде:

$$K_t = K_D \left(\frac{T}{t} \right)^\alpha.$$

Показатель степени α для ряда почв определен в пределах 0,3—0,9.

Определение показателя степени α и начальной скорости впитывания V_0 в формуле акад. А. Н. Костякова

$$V_{cp} = \frac{V_0}{t^\alpha} \quad (I)$$

можно вести методом В. А. Кутергина по средним скоростям впитывания.

Для этого необходимо иметь интегральную кривую впитывания воды в почву, полученную из опытов на элементарных площадках. По ее данным находятся средние скорости впитывания (V_{cp}) к данному моменту времени (t):

$$V_{cp} = \frac{W_t}{t};$$

где W_t — объем воды, впитавшейся в почву на единицу площади к моменту времени (t).

Определять значение α и V_0 можно аналитическим путем и графически.

Аналитическое определение α производится по формуле

$$\alpha = \frac{\lg \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{m}}}{\lg \frac{t_m}{t_n}};$$

где \sqrt{n} и \sqrt{m} — средние скорости просачивания предыдущего и последующего наблюдений,

t_n и t_m — время от начала полива, соответствующее этим наблюдениям.

Рекомендуется промежуток времени между t_n и t_m брать не менее 10—15 минут. Всего находят не менее 5—7 значений α . Затем определяют среднюю величину α и его постоянство; для этого находят квадратичные отклонения α и коэффициент вариаций. После определения α находят ряд значений V_0 по формуле (I) и высчитывают среднее их значение.

Графическое определение α и V_0 производится в логарифмической сетке, где по оси абсцисс откладываются значения $\lg t$, а по оси ординат — $\lg V_{cp}$. Пользуясь методом наименьших квадратов, по наложенным точкам проводят прямую. Место пересечения прямой с осью ординат дает значение V_0 , а тангенс угла наклона дает значение α .

Коэффициент впитывания изменяется во времени; при проектировании необходимо определить коэффициент впитывания в его динамике. Для иллюстрации приводятся нижеследующие кривые впитывания (рис. 5 и 6 на стр. 32).

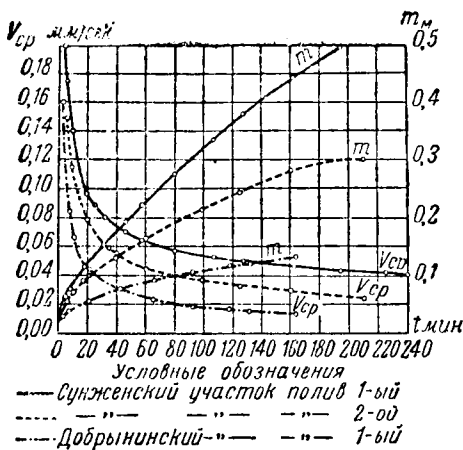


Рис. 5. Интегральные кривые впитывания.

Для проектного задания применяются те же показатели и дополнительно желательны прямые данные для главнейших почвенных массивов.

Для технического проекта необходимы: а) прямые опытные данные на орошаемом поле, б) опытные данные на монолитах и малых участках, в) расчет по формуле (из коэффициента фильтрации).

3. Определение рациональной величины межполивных периодов

Для установления межполивных периодов необходимы следующие почвенные показатели:

Проектные задачи по установлению межполивных периодов и показатели для решения этих задач

Проектная задача	Показатели
Дать конкретные величины расходов воды в единицу времени для каждого почвенного контура или их объединения.	<ol style="list-style-type: none"> Кривые потерь на испарение через почву за период от состояния предельной влагоемкости (Π) до критического запаса (K_c) при разных состояниях поля и культуры. Суммарные расходы воды на водопотребление (испарение + транспирация) для тех же условий по отдельным горизонтам почв. Концентрации воднорастворимых солей при разных влажностях почвы.

Примечание. Кривые потерь на испарение и кривые водопотребления даются не только суммарно для всей смоченной толщи почвы, но и по горизонтам, что дает основу для расчета частоты и норм «распределенных поливов».

Для технического проекта данные по величинам расходования воды необходимо получать экспериментально в поле и на монолитах.

Имея для каждого почвенного контура (с проектной культурой) величину запаса воды непосредственно после полива (величину предельной влагоемкости) и кривую расходования воды во времени, легко определить наступление момента времени, когда в

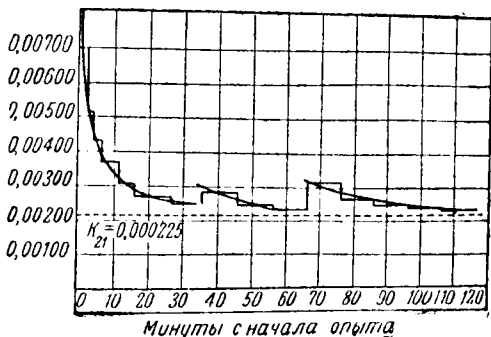


Рис. 6. Коэффициент впитывания темнокаштановых почв.

почве останется запас воды, равный коэффициенту увядания (K_u); это и будет сроком следующего полива.

Расчет по K_u справедлив, однако, только для почв, не содержащих вредных воднорастворимых солей. На почвах засоленных по мере усыхания почвы повышается концентрация солей в почвенном растворе и она может достигнуть (особенно в отношении хлора) вредной степени и при большей влажности, чем величина K_u . В этих случаях момент наступления очередного полива определяется не величиной K_u , а моментом наступления вредной концентрации почвенного раствора.

Эти вредные концентрации и должны быть определены при техническом проектировании для разных почвенных контуров и проектных культур.

В качестве примера, характеризующего размеры вредных концентраций, можно привести следующие данные, полученные ВНИИГиМ на Мургабе (колхоз «Искра», Марыйского района) для хлопчатника:

Максимальные величины засоления для слоя 0—80 см в сентябре

Состояние хлопчатника	Процент солей к весу почвы		Концентрация в граммах на литр	
	Плотный остаток	Хлор	Плотный остаток	Хлор
Нормальный	0,203	0,019	18,1	1,1
Угнетенный	0,568	0,058	70,5	7,2
Очень сильно угнетенный	1,375	0,242	221,5	39,0

4. Установление роли грунтовых вод в водно-воздушном режиме почвы

Для выяснения роли грунтовых вод в водопотреблении растений служат следующие показатели:

Показатели, служащие для выяснения роли грунтовых вод в водопотреблении

- | | | |
|---|---|--|
| Выяснение роли грунтовых вод в водно-воздушном режиме почвы в целях учета этой роли при проектировании норм и сроков полива, а также установления необходимости понижения уровня грунтовых вод. | 1) Высота капиллярной зоны почвы и степень заполнения пор водой на разных глубинах корнеобитаемой зоны. | 1) Аэрация почвы не должна падать ниже 20%. |
| | 2) Скорости капиллярной подачи к каждому горизонту почвы корнеобитаемой зоны. | 2) Полезная капиллярная скорость — не менее 0,06 г воды через площадь в 1 см ² в 1 час. |

При схематическом проектировании можно пользоваться следующими показателями высоты капиллярного поднятия для почв разного механического состава:

Средняя высота капиллярного поднятия у разных почв

Почвы	Высота капиллярного поднятия (в метрах)	Почвы	Высота капиллярного поднятия (в метрах)
Глины	4—5	Легкие суглинки	1,5—2,0
Тяжелые суглинки	3—4	Супеси	1,0—1,5
Средние суглинки	2—3	Пески	0,5—1,0

Для иллюстрации фактических высот капиллярного поднятия от уровня грунтовых вод приводятся данные в следующей таблице.

Глубина залегания грунтовых вод и фактическая высота капиллярного поднятия у разных почв

Название грунта и место наблюдений	Глубина залегания грунтовых вод в метрах	Высота капиллярного поднятия в метрах
Пески (Николаевская область)	2,0	0,6
Аллювиальный грунт Мугани	3,5	1,5—1,7
Серозем, Голодная степь	5,0	3,0
То же	10,5	3,8—4,0
Южно-русский лёсс (Черниговская область)	15,0	4,8

Усредненные показатели распределения капиллярной воды в однородном почво-грунте представлены в следующей таблице.

Усредненные показатели распределения капиллярной воды в различных почво-грунтах

Почвы	Весовой процент влажности на глубине от уровня грунтовых вод в сантиметрах												
	0—10	10—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120—140	140—160	160—180	180—200	200—240	240—280
Глина	40,5	40,0	37,5	35,2	32,5	30,6	30,6	29,5	28,4	27,0	26,0	25,4	23,2
Тяжелый суглинок	33,4	32,2	30,4	28,5	26,6	25,4	25,0	24,5	24,0	23,5	22,0	21,0	20
Средний суглинок	26,4	25,7	23,2	20,4	18,5	16,9	14,2	10,3	8,5	—	—	—	—
Супесь	23,5	22,0	18,4	14,3	10,4	8,6	5,3	—	—	—	—	—	—
Песок	21,9	18,0	11,7	6,3	2,5	1,2	—	—	—	—	—	—	—

Для иллюстрации распределения капиллярной воды от уровня грунтовых вод в естественных условиях приводится таблица на стр. 35.

При проектном задании, кроме укрупненных показателей, необходимо знание уровней грунтовых вод и кривых капиллярного заполнения для главнейших почвенных массивов. Кривые получаются, в поле или на монолитах, методом послойного определения влажности и порозности.

При техническом проектировании необходимы экспериментальные определения, в поле и лаборатории, как зоны капиллярного поднятия так и скоростей движения на каждой высоте ее.

§ 11. Мероприятия по регулированию солевого режима почв при мелноративном проектировании

Основным мероприятием по регулированию водно-солевого режима почв является введение травноольной системы земледелия по акад. Вильямсу и правильная эксплуатация системы. В тех случаях (наличие безотточных грунтовых вод, сильно засоленные почво-грунты), когда эти мероприятия не дают нужного эффекта, приходится прибегать к специальным добавочным мероприятиям.

В состав мероприятий по регулированию солевого режима почв входит решение следующих задач:

- 1) установление общей схемы мелнораций;
- 2) установление размеров промывных ноум;

- 3) установление условий для предупреждения реставрации засоления;
- 4) оценка качества засоления с точки зрения возможности развития солонцового процесса и установление условий мелниррации солонцовых почв;
- 5) установление условий отвода промышленных вод;
- 6) установление показателей для расчета дренажных устройств, если таковые требуются;
- 7) установление условий предупреждения вторичного заболачивания и засоления.

1. Установление обшей схемы мелиораций

Установление обшей схемы системы мероприятий по регулированию солонного режима почвы производится на основе знания происхождения засоления. Основные типы генезиса приводятся в верхней таблице на стр. 36.

М е т о д о л о г и я .
Для каждой стадии проектирования обшей почвенно-гидрогеологического исследования в масштабе, указанном в § 9, п. 2.

2. Установление размеров промышленных норм

Для установления расчетной промышленной нормы служат следующие почвенные показатели (см. среднюю таблицу на стр. 36).

3*

Показатели распределения капиллярной влаги в естественных условиях в зависимости от уровня грунтовых вод

Почвы	Весовой процент влажности на глубине от уровня грунтовых вод в сантиметрах												
	10—0	10—20	20—30	30—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120—140	140—160	160—180	200—220	220—250
Лёсс (Голодная степь)	25,0	24,0	22,5	24,1	24,5	24,6	21,0	19,5	16,5	17,8	15,1	13,2	8,5
Аллювиальный тяжелый суглинок, относительно однородный (Мургаб)	29,0	26,8	24,6	26,1	25,1	24,4	24,1	23,6	24,9	23,3	20,9	17,5	15,5
Аллювиальный слоистый суглинок (Мургаб)	25,1	23,8	24,1	24,6	26,2	27,5	23,7	20,8	11,5	14,8	14,7	19,7	21,9
Лёссовидный суглинок (Полтавская область)	22,0	21,6	20,6	20,8	20,4	20,7	20,6	16,8	16,70	15,4	15,8	16,1	17,0
Песок (Алешки, Николаевской области)	18,2	17,2	14,3	13,4	6,9	4,8	—	—	—	—	—	—	—

Основные типы генезиса засоления

Источник (происхождение) засоления	Типовые приемы регулирования
1. Капиллярный ток грунтовых вод, напорных или безнапорных.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение энергии капиллярных токов без снижения уровня грунтовых вод (агрокомплекс). 2. Понижение уровня грунтовых вод ниже критической глубины. 3. Промывка имеющихся солей.
2. Пленочно-диффузный солевой ток.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Агрокомплекс. 2. Промывки имеющихся солевых запасов минимальной нормой.
3. Дельювиальное засоление.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прекращение доступа дельювиальных вод. 2. Промывка. 3. Агрокомплекс.
4. Аэральное засоление.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Промывка. 2. Агрокомплекс.
5. Коренное засоление соленосной коры выветривания.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Промывка. 2. Агрокомплекс.
6. Вгоричное засоление.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Регулирование эксплуатации. 2. Агрокомплекс. 3. Промывка.

Почвенные показатели для установления расчетной промывной нормы

<p>Установление расчетной промывной нормы на основе количества солей в почве.</p>	<p>Норма воды, необходимая для промывки почвы до 0,1% солей или любой местной доказанной нормы.</p>	<p>Устанавливается конкретная величина коэффициента n в формуле $M = P - m + \frac{1}{2} nP^*$ с подразделением почв на группы, для которых n меньше 1, равен 1, равен 2 и т. д.</p>
---	---	---

Методология. 1) Для схемы и проектного задания ориентировочные величины коэффициента n , в зависимости от степени засоления, могут быть приняты следующие: для почв слабо засоленных — от 0,75 до 1,5; для сильно засоленных (солончаков) — от 1,5 до 6,0.

2) Для технического проекта величина n определяется по данным экспериментов в поле и лаборатории (монолиты).

3. Установление условий для предупреждения реставрации засоления

Для характеристики условий реставрации засоления служат следующие показатели (см. табл. на стр. 37).

Так называемый «критический» уровень грунтовых вод, т. е. такой уровень, при котором осуществляется засоление корнеобитаемой зоны почвы, определяется прежде всего высотой зоны капиллярного поднятия; он зависит от механического и агрегатного состава почвы, но вместе с тем

* M — промывная норма, P — предельная влагоемкость расчетного слоя почвы, m — запас воды в расчетном слое почвы перед промывкой.

Почвенные показатели, характеризующие условия реставрации засоления

Характеристика условий реставрации засоления после промывки.	Кривые подъема солей от уровня их залегания после промывки: 1) без подпора грунтовой воды; 2) от зеркала грунтовой воды.	Подразделение контуров засоления по глубине критического уровня залегания солей или грунтовых вод при разных состояниях поля.
--	--	---

для каждой данной почвы он является величиной в высокой степени переменной, динамической. В основном эта динамика определяется следующими факторами: 1) характером микроклимата над поверхностью поля, создаваемым агротехникой; 2) динамикой капиллярных свойств почвы и особенно ее структурностью; поэтому поддержание комковатой структуры почвы, достигаемое травопольными севооборотами, является основным средством; 3) степенью минерализации грунтовых вод.

Общая характеристика капиллярных свойств почв дана выше. Здесь приводятся некоторые данные по минерализации грунтовых вод в орошаемых районах.

Минерализация грунтовых вод в орошаемых районах

Почвенные зоны	Содержание солей в граммах на литр
Пролувиально-лессовые области (Чирчик-Ангрен, Самарканд, Карабахская степь и др.) . . .	менее 1г
Области аллювиальные	
Мугано-Сальянская степь	от 10 г и более 100 г
Приараксинская полоса Армении	преобладает 1—2 г
Низменная Фергана	от 4 до 100 г
Голодная степь	преобладает 2—10 г
Бухара	преобладает 10—20 г
Чарджоуский оазис—освоенные площади	менее 5 г
» —перелogi	20—40 г
Куня-Дарья	10—15 г
Хорезм—Гашауз—освоенные площади	2—4 г
» —перелogi	до 50 г
Чимбайский район	до 4—6 г
Мургаб	10—20 г и выше.

Методология. 1) Для планового задания в качестве критического уровня залегания солей можно принять: для почв глинистых и суглинистых — 1,5—2,0 м от поверхности и для почв супесчаных и песчаных — 1,5—1,0 м. В качестве критической глубины залегания уровня грунтовых вод можно принять: для глинистых и суглинистых почв — 5—3 м от поверхности почвы и для почв супесчаных и песчаных — 3,0—2,0 м. При правильном травопольном севообороте эти величины могут быть уменьшены на 0,5—1,0 м.

2) Для проектного задания, кроме укрупненных показателей, дополнительно должны быть даны экспериментальные данные по высоте и скорости капиллярного поднятия солевых растворов для главнейших контуров засоления.

3) Для технического проекта в основном необходимы экспериментальные данные полевых и лабораторных исследований.

4. Оценка качества засоления с точки зрения возможности развития солонцового процесса и установление условий мелiorации солонцовых почв

Для оценки качества засоления служат следующие показатели:

Показатели для оценки качества засоления

Оценка качества засоления с точки зрения развития солонцеватости и увеличения потребных промывных норм.

1. Процент поглощенного натрия после выщелачивания воднорастворимых солей.
2. Соотношение катионов натрия и кальция в почвенном растворе при промывке.

1. Почвы не угрожаемые по солонцеватости.
2. Слабосолонцеватые (менее 10% поглощенного натрия от емкости поглощения).
3. Солонцеватые (10 — 30% натрия).
4. Солонцы (больше 30% натрия): Для химизируемых солонцов вычисляются нормы химизации и нормы дополнительных промывок (коэффициент l в формуле промывки)

Примечание. Названные нормы солонцеватости могут быть изменены на основе местных документальных данных.

Методология. При схематическом проектировании ориентировочное подразделение засоленных почв на угрожаемые и не угрожаемые в отношении солонцеватости может быть произведено на основе соотношения катионов натрия и кальция в водной вытяжке по следующим показателям:

- 1) не угрожаемые по солонцеватости содержат: а) иона кальция больше, чем иона натрия, или б) иона кальция меньше, чем иона натрия, но в почве имеется запас гипса больший, чем запас натриевых солей;
- 2) угрожаемые по солонцеватости всегда содержат иона натрия больше, чем иона кальция (включая гипс), причем степень угрожаемости возрастает с увеличением отношения $Na : Ca$ и с увеличением общей концентрации солей. Приближенно можно считать, что при отношении $Na : Ca =$ от 1 до 4 солонцеватость будет слабая, а при $Na : Ca > 4$ солонцеватость сильная.

Для проектного задания, кроме этих данных, дополнительно необходимо (для важнейших контуров почвенной карты) анализ почвенного раствора и лабораторные опытные промывки с анализом поглощенного натрия.

При техническом проектировании необходимы анализы почвенного раствора и экспериментальные промывки в поле и лаборатории.

5. Установление условий отвода промывных вод

Для выяснения условий удаления промывных вод необходимы следующие показатели (см. стр. 39).

Методология. При схематическом проектировании подразделение территорий на допускающие и не допускающие промывки без дренажа производится: 1) на основе принятых (по вышеуказанному) величин промывной нормы, 2) на основе принятого критического уровня грунтовых вод, средней свободной порозности почвы и 3) ориентировочно принятой, на основе общей геоморфологии и геологии района, величины оттока грунтового потока.

Анализ условий удаления промывных вод при требовании недопущения поднятия уровня грунтовых вод до критического горизонта.

Проектный водный баланс промываемой территории, определяемый в основном:

1) по проектному объему промывных вод; 2) по проектным размерам потерь воды на фильтрацию в сети; 3) по величине запаса свободной порозности почвы от бытового уровня грунтовой воды до проектного критического.

1. Территории, допускающие промывки без дренажа, т. е. такие, на которых после промывок уровень грунтовых вод останется ниже критического.

2. То же, но при ограниченном коэффициенте земельного использования (расчет размера допустимой загрузки).

3. Промывка с искусственным водоотводом. Потребная интенсивность водоотвода.

При проектном задании необходимы, кроме того, хотя бы схематические, но непосредственно полученные данные о приходе-расходе грунтового потока.

В проекте для каждого выделенного на карте промываемого контура расчет водного баланса ведется по проектным промывным нормам, проектным потерям на фильтрацию и конкретно определенным запасам порозности и приходе-расходу грунтового потока.

6. Установление почвенных показателей для расчета дренажных устройств

Дренажные устройства могут потребоваться в тех случаях, когда грунтовые воды засолены, не имеют достаточного естественного оттока и не могут быть понижены путем эксплуатационных и агротехнических мероприятий.

Показатели для расчета дренажных устройств

Анализ условий работы горизонтального дренажа в исходном состоянии почв и после промывки.

Послойная характеристика коэффициента фильтрации почвы и ее динамика при выщелачивании солей.

Районирование промываемых территорий:

1) по наиболее рациональной глубине заложения дренажа (по коэффициенту фильтрации);

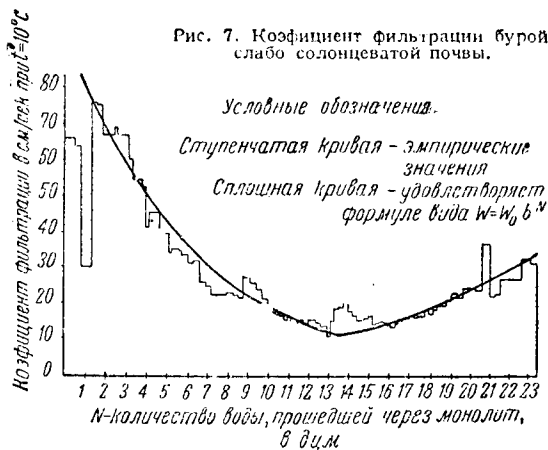
2) по направлению динамики изменения коэффициента фильтрации.

Примечание. Расчет расстояний между дренами производится проектировщиком таким образом, чтобы рассчитанные по предыдущему объемы промывных вод были отведены в заданное время. Коэффициент фильтрации есть скорость фильтрации при градиенте, равном единице. Коэффициент фильтрации есть величина динамическая. Он изменяется в зависимости от измененной дисперсного состояния почв под влиянием разных количеств профильтровавшейся воды и изменения физических, химических и биологических свойств почво-грунтов.

Методология. 1) При схематическом проектировании можно пользоваться следующими ориентировочными величинами коэффициента фильтрации (см. табл. на стр. 41).

Характеристика динамики коэффициента фильтрации должна быть дана, в отношении вероятности развития солонцового процесса (см. п. 4, § 11) или применительно к прилагаемым типовым кривым коэффициента фильтрации (рис. 7, 8, 9, 10).

Рис. 7. Коэффициент фильтрации бурой слабо солонцеватой почвы.



Козф. фильтр
 в м/сек при $t^{\circ} 10^{\circ}\text{C}$

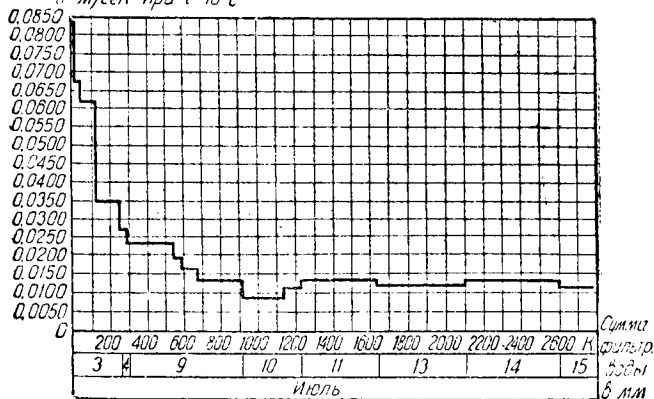


Рис. 8. Коэффициент фильтрации песка.

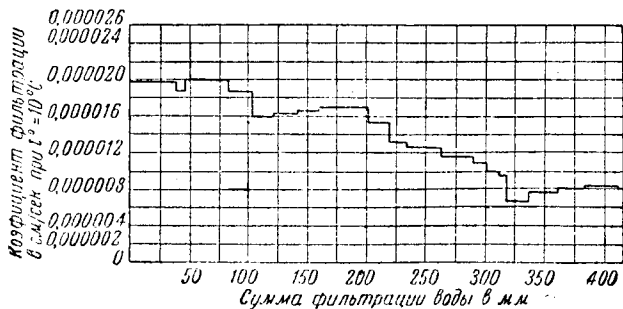


Рис. 9. Коэффициент фильтрации темнокаштановой почвы.

В техпроекте расчеты и эксперименты по-предыдущему даются для каждого промываемого контура и, кроме того, для важнейших территорий из тех, для которых требуются дренажные устройства (наличие безотточных грунтовых вод, сильное засоление почво-грунта), желателен опытный дренаж в поле. Последний, ввиду желательности длительного опыта, целесообразнее закладывать еще в стадии проектного задания.

7. Установление условий для предупреждения вторичного заболачивания и засоления

Основные меры предупреждения вторичного заболачивания и засоления почв при орошении — это плановая организация водопользования, надлежащая агротехника и эксплуатация. Чтобы правильно применять эти меры, надо знать природные условия, в которых может происходить это явление.

Вторичное засоление (и заболачивание) может происходить в следующих формах: I) без подъема грунтовых вод, II) при подъеме грунтовых вод, III) при образовании верховодки, IV) при пользовании соленой водой.

Для установления возможности развития каждой из этих форм засоления (и заболачивания) необходимы показатели, которые приводятся в четырех следующих таблицах.

I. Показатели для установления угрозы засоления (и заболачивания) без подъема грунтовых вод

Установление угрозы засоления без подъема грунтовых вод	Энергия передвижения солей вверх из солевого горизонта при его смачивании поливной водой, при разных нормах полива, режиме орошения и разном состоянии поверхности поля	Выделение площадей, угрожаемых по засолению, и соответственно этому, проектирование соответственного поливного режима и агротехники
---	---	---

Методология. 1) Для схемы — укрупненные показатели критического уровня засоления (см. выше, п. 3).

2) Проектное задание — то же и дополнительные типовые экспериментальные наблюдения в поле и лаборатории за передвижением солей при разных нормах полива.

3) Техпроект — экспериментальное исследование в поле и лаборатории всех существенных контуров почвенной карты.

II. Показатели для установления угрозы засоления (и заболачивания) при подъеме грунтовых вод

Установление угрозы засоления при подъеме грунтовых вод	<p>1. Проектный водный баланс орошаемой территории и ее отдельных частей</p> <p>2. Критический уровень грунтовых вод в зависимости от концентрации грунтовой воды и состояния поля</p>	<p>1. Почвы не угрожаемые, для которых подъем грунтовых вод выше критического уровня по проектному водному балансу не предусматривается</p> <p>2. Почвы, угрожаемые по засолению, с подразделением по вероятной длительности периода времени подъема грунтовых вод до критического горизонта</p>
---	--	--

Методология. 1) Для схемы — укрупненный показатель критической глубины уровня грунтовых вод берется по п. 3.

2) Проектное задание — схематический расчет водного баланса территории и экспериментальное получение типовых кривых капиллярного поднятия солевых растворов для установления критического горизонта грунтовых вод.

3) Техпроект — уточненный расчет водного баланса для отдельных частей проектной территории и экспериментальные величины критического горизонта грунтовых вод, полученные в поле и лаборатории.

III. Показатели для установления угрозы засоления (и заболачивания) при образовании верховодки

Угроза засоления от верховодки.	1. Величина коэффициента фильтрации отдельных горизонтов почвы. 2. Засоленность этих горизонтов. 3. Критический горизонт грунтовых вод.	1. Почвы не угрожаемые. 2. Почвы угрожаемые, с подразделением на вероятные степени угрожаемости.
---------------------------------	---	---

Методология. 1) Для схемы укрупненными показателями угрозы засоления служит морфологическое строение разреза, механический состав и степень засоления по горизонтам и коэффициент фильтрации по таблице «Ориентировочные величины коэффициента фильтрации» (см. стр. 41).

2) Проектное задание — то же и типовое экспериментальное определение коэффициента фильтрации и критического уровня грунтовых вод.

3) Технический проект — те же данные для всех угрожаемых контуров почвенной карты.

IV. Показатели для установления угрозы засоления (и заболачивания) при пользовании соленой водой

Угроза засоления и солонцеватости при пользовании соленой водой.	1. Динамика солёности оросительной воды за год. 2. Соотношение в воде катионов натрия и кальция. 3. Возможность применения увеличенных поливных норм. 4. Возможность развития солонцового процесса.	1. Почвы без опасения могут орошаться данной водой. 2. Почвы, угрожаемые по засолению вообще или при определенных условиях или в некоторые сезоны. 3. Почвы, угрожаемые по солонцеватости. 4. Почвы, не допускающие применения данной воды.
--	--	--

Методология. 1) При схематическом проектировании доброкачественной водой может считаться вода, содержащая в себе не более 1 г обычной смеси нейтральных солей на литр. При больших степенях засоления вопрос о ее пригодности подлежит специальному исследованию.

Возможность развития солонцового процесса определяется соотношением катионов кальция и натрия как в воде, так и в водной вытяжке из почвы. Доброкачественным показателем является преобладание ионов кальция над ионами натрия. При всех других соотношениях вопрос подлежит специальному исследованию.

2) Проектное задание — соленость и состав воды за год, схематический водный баланс при увеличенных поливных нормах. Типовые экспериментальные лабораторные данные о солонцовом процессе при орошении данной водой.

3) То же для каждого проектного контура почв.

§ 12. Основания для рационального проектирования планировок полей

Проект должен содержать основания для рационального проектирования планировок полей. Задачи и почвенные показатели этого раздела представлены в следующей таблице.

Показатели для рационального проектирования планировки полей

Наименование проектной задачи	Почвенные показатели	Подразделения
Выяснение отношения каждого почвенного контура к планировке с точки зрения влияния: а) на солевой режим, б) на водные свойства и солонцеватость.	Глубины залегания солевых и солонцовых горизонтов.	Разбивка территории по признаку наиболее желательных глубин и форм планировки.

Методология. 1) Для схемы — укрупненный показатель по генетическому типу почвы и морфологическому строению разреза.

2) Для проектного задания — то же с добавлением типовых определений глубин солевых горизонтов и степени солонцеватости.

3) То же для всех площадей, подлежащих планировке.

Желательны данные полевых опытов планировки.

§ 13. Агротехнические показатели при мелиоративном проектировании

Проект должен содержать основные почвенные показатели необходимых агротехнических мероприятий. Перечень отдельных задач и почвенных показателей приводится в следующей таблице.

Агротехнические показатели, необходимые при мелиоративном проектировании

Наименование проектной задачи	Почвенные показатели	Подразделения
1. Потребности в химизации почв. 2. Потребности в изменении физических свойств (механического состава, структуры). 3. Изменение всех этих свойств под влиянием ирригационных наносов.	1. Физико-химические и биологические свойства почв в их динамике при орошении. 2. Физико-химические свойства наносов, в частности, соотношение действующих диаметров почв и наносов.	Выделение районов почв по потребности различных комплексов агротехнических мероприятий.

Методология. 1) Для схемы — укрупненные показатели на основе генетического типа почвы и механического состава.

2) Для проектного задания — то же.

3) Для технического проекта — прямые аналитические и опытные данные.

§ 14. Проверка расчетов на основе практики орошаемого земледелия

Во всех случаях, когда в контур проекта входят уже орошенные земли, все выше перечислявшиеся задачи, решаемые на основе показателей почвенных исследований, должны быть проверены и подтверждены анализом существующей практики орошаемого земледелия и особенно опытом стахановцев сельского хозяйства.

Аналізу должны быть подвергнуты в основном:

1) существующий режим орошения и создаваемая им мощность корнеобитаемой зоны (глубина распространения корней культурной растительности как показатель проектной глубины активного слоя);

2) существующие приемы мелиорации засоленных почв; значение севооборотов в этом деле;

3) существующие комплексы приемов, создающие урожаи разного уровня.

Подробный анализ этих вопросов должен быть дан в техническом проекте, на основе специального агро-мелиоративного обследования, в первых же стадиях проектирования достаточно схематических характеристик, получаемых при рекогносцировочных обследованиях.

§ 15. Оформление проектных почвенных материалов

Текст почвенно-мелиоративной части проекта должен содержать подробное описание материалов, на основе которых решаются перечисленные выше почвенно-мелиоративные задачи, и непременно с описанием методов, с помощью которых эти материалы были получены.

Графические документы. Графическими документами почвенной части проекта являются для каждой стадии:

а) почвенная карта, выраженная в генетических типах и разностях;

б) карта почвообразующих пород на разных глубинах;

в) карта глубин залегания грунтовой воды;

г) карта солёности грунтовых вод;

д) карты гидроизогипс высшего и низшего стояния уровней в течение года;

е) карты районов положительного и отрицательного проектного водного баланса с подразделением на количественные градации;

ж) почвенно-гидрогеологические профили, ориентированные по геоморфологическим элементам, и картограммы отдельных, наиболее существенных мелиоративных признаков почв (засоленность, механический состав, фильтрационные свойства, величины предельной влагоемкости, поливная норма, величина промывок и др.);

з) картограммы почвенно-агрономических районов, составляемые по вышеуказанным агротехническим показателям (потребность в удобрении, структура, отношение к обработкам, потребность планировок и т. д.);

и) карта почвенно-мелиоративных районов. Эта карта составляется по следующей схеме:

I. Почвы незасоленные, несолонцеватые и не угрожаемые по засолению и солонцеватости. Подразделяются по показателям регулирования водно-воздушного режима — нормам полива, технике полива и пр. (см. выше раздел «Регулирование водно-воздушного режима»).

II. Почвы незасоленные, но угрожаемые по засолению или солонцеватости. Подразделяются на группы:

- 1) угрожаемые по засолению без подъема грунтовых вод;
- 2) угрожаемые в силу возможного подъема грунтовых вод и др.

В каждом из этих подразделений желательно выделить отдельные территории, отличающиеся количественными показателями, например, для первой группы — по допустимой глубине промачивания (глубина залегания солевого горизонта), для второй группы — по числу лет, через которые возможен подъем грунтовых вод до критического засоляющего уровня, а также необходимому водному (поливному) режиму и т. д.

III. Почвы засоленные и солонцевые подразделяются на группы:

1) слабо засоленные, допускающие земледелие при подборе соответствующего режима орошения и состава культур. Процент засоления 0,1—0,5% воднорастворимых солей или местный, если таковой установлен;

2) сильно засоленные (солончаки), не допускающие культуры без предварительной промывки. Процент засоления больше 0,5% или установленный местный.

Каждая из этих групп в свою очередь подразделяется по следующим показателям:

А) По степени солонцеватости:

- а) почвы при промывке не требуют химизации (меньше 10% емкости насыщено Na);
- б) почвы при промывке требуют химизации в процессе эксплуатации (10—30% Na);
- в) почвы требуют химизации до приступа к эксплуатации (более 30% Na).

Б) По величине потребной промывной нормы.

В) По методу отвода промывных вод:

- а) в грунтовые воды (без дренажа);
- б) в дренаж (разной интенсивности) при безотточных грунтовых водах.

Г) По необходимому водному (поливному) режиму.

Для оценки потребной химизации и промывок принимаются следующие нормы солонцеватости почв:

1) слабо солонцеватые почвы с количеством поглощенного Na не более 10% от емкости. Допускают культуру без химизации; при химизации промывки не обязательны;

2) сильно солонцеватые почвы с количеством поглощенного Na от 10 до 30% от емкости. Допускают с.-х. использование, но одновременно требуют химизации с обязательной промывкой продуктов обмена;

3) солонцы с количеством поглощенного Na более 30% от емкости. Требуют химизации и промывок до приступа к сельскохозяйственному освоению.

Примечание. Цифровые показатели процента солонцеватости могут быть изменены на основе местных исследований.

МЕТОДИКА И ПРИМЕРЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАСЧЕТНЫХ НОРМ, СРОКОВ, ЧИСЛА ПОЛИВОВ КУЛЬТУР И ГРАФИКОВ ГИДРОМОДУЛИ

§ 16. Наименование поливов и их обозначения

Наименования поливов определяются следующими основными признаками:

- 1) назначением полива;
- 2) временем года, когда производится полив;
- 3) фазой и периодом развития культуры, в течение которых полив производится;
- 4) порядковым номером полива;
- 5) видом с.-х. работы, непосредственно перед которой или после которой полив производится.

1. По назначению поливы делятся на:

- а) увлажнительные поливы, целью которых является дополнительное увлажнение почвы;
- б) промывные поливы, целью которых является промывка почвы от вредных солей.

2. По времени года поливы делятся на:

- а) осенние поливы (ранние осенние и поздние осенние),
- б) зимние поливы,
- в) весенние поливы (ранние весенние и поздние весенние),
- г) летние поливы.

3. По периодам развития растений поливы можно разделить на две большие группы:

- а) довегетационные поливы, т.е. поливы, производимые до посева и до посадки культур или до начала вегетации многолетних культур;
- б) вегетационные поливы, производимые во время роста и вегетации культур и именуемые по соответствующей фазе развития растения, например, полив в кущение, полив в колошение (зерновых), полив в цветение (хлопчатника) и т. д.

4. По очередности различают первый, второй и т. д. вегетационный полив, первый, второй и т. д. промывной полив, первый, второй и т. д. довегетационный полив.

5. По виду с.-х. работ, непосредственно перед которыми или после которых даются поливы, различают предпахотные и предпосевные поливы и т. д.

6. Ввиду того что в практике орошаемого хозяйства встречаются так называемые вторые культуры, или пожнивные культуры, различают еще поливы первых культур и поливы вторых культур.

В соответствии с приведенными указаниями получается следующая схема наименований поливов:

1. Поливы довегетационные:

- осенние предпосевные поливы,
- весенние предпосевные поливы,
- осенне-зимние запасные поливы,
- ранне-весенние запасные поливы.

Примечание. Термином «запасный» обозначается, в отличие от предпосевного, полив, даваемый задолго до посева культуры и создающий запас воды в глубоких горизонтах.

II. Поливы вегетационные:

первый полив (по всходам);
второй полив (в кущение),
третий полив (в колошение)

и т. д., в зависимости от очередности и наименования фаз развития культуры.

III. Поливы вторых культур.

Наименование поливов вторых культур такое же, как и для основных культур, т. е. довегетационные (предпосевные) и вегетационные.

IV. Поливы промывные:

осенние и зимние промывные поливы: первый, второй;
весенние промывные поливы: первый, второй.

V. Поливы специального назначения:

удобрительные,
освежительные,
для борьбы с вредителями.

Схемой поливов называется условное обозначение числа и размещения поливов. Обычно схема поливов строится по срокам и фазам развития культур. Например, для хлопчатника схема полива 1—2—4—0 обозначает, что хлопчатнику дается один полив до посева, два — от посева до цветения, четыре — во время цветения и 0 — в период созревания. Для люцерны схема полива строится по укосам, т. е. схема 2—1—2—1 обозначает, что до первого укоса дается два полива, между первым и вторым укосом — один полив, между вторым и третьим укосом — два полива и между третьим и четвертым — один полив.

Поливным периодом называется время, в течение которого продолжается данный полив культуры на всей оросительной системе или на определенной ее части. Например, в совхозе в первом отделении второй полив яровой пшеницы начали с 20 июня и окончили 30 июня, а во втором отделении совхоза начали второй полив яровой пшеницы 15 июня и окончили 25 июня. В этом случае поливной период пшеницы для всего совхоза равен 16 суткам: для первого отделения равен 11 суткам и для второго отделения равен 11 суткам. Поливной период обозначается буквой *t* в сутках.

Межполивной период — это промежуток между средними днями двух смежных поливов данной культуры; обозначается буквой *t* в сутках.

Под числом поливов понимается количество поливов, даваемое культуре за оросительный период, причем учет числа поливов ведется в зависимости от назначения поливов, т. е. различается число довегетационных поливов, число вегетационных поливов и особо число промывных поливов.

Сроки поливов различают следующие: день начала данного поливного периода, день конца этого периода, средний день поливного периода.

Оросительной нормой культуры называется количество воды, подаваемое оросительной системой, на один гектар-нетто данной культуры за вегетационный или за весь оросительный период. Различают оросительную норму-нетто и оросительную норму-брутто; под первой понимается количество воды, используемое культурой и почвой на транспирацию и испарение. Оросительная норма-брутто равна оросительной норме-нетто плюс затраты воды на фильтрацию и испарение воды из каналов, на утечки через сооружения и т. п.

Обозначается оросительная норма буквою M в кубических метрах на гектар.

Отношение $M_{\text{нетто}}$ к $M_{\text{брутто}}$ называется коэффициентом полезного действия ирригационной системы. *Необходимо всемерно стремиться к повышению этого коэффициента.*

Поливной нормой культуры называется количество воды, даваемое на 1 га-нетто данной культуры за один полив. Различают поливные нормы нетто и брутто. Поливной нормой-нетто называется количество воды, подаваемое системой на 1 га-нетто данной культуры за один полив для покрытия расходов воды на транспирацию растения и на испарение почвы. Под поливной нормой-брутто понимается поливная норма-нетто плюс потери воды на орошаемом поле, т. е. потери из временных поливных канав, потери на фильтрацию воды в глубокие горизонты почвы, на сброс с поля (если таковой имеется). Обозначается поливная норма буквою m и выражается в кубических метрах на гектар (нетто). Отношение $m_{\text{нетто}}$ к $m_{\text{брутто}}$ называют коэффициентом полезного действия техники распределения воды на орошаемом поле. *Необходимо всемерно стремиться к повышению этого коэффициента.*

§ 17. Порядок проектирования расчетных графиков гидромодуля

Режим орошения ирригационной системы и расчетный график гидромодуля ее получается в результате суммирования режимов орошения (и графиков гидромодуля) отдельных составляющих систему хозяйственных единиц.

Проектирование режима орошения и графика гидромодуля производится на основе схемы агро-мелиоративных и технико-экономических мероприятий. В этой схеме, исходя из народнохозяйственных плановых заданий, поставленных проекту, путем анализа природных и хозяйственных условий расчетами устанавливается система мелиоративных, агротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий, необходимых для выполнения поставленных перед проектом задач, устанавливаются расчетные севообороты, составы культур, расчетные урожаи культур и рост их во времени. Анализируются данные опыта и практика опытных учреждений и передовиков сельского хозяйства.

На основании произведенного анализа определяется нужный режим орошения каждой культуры для каждого колхоза и совхоза в районе данного проекта. Прежде всего устанавливается необходимость и размеры довегетационных запасных, предпосевных и промывных поливов.

Далее устанавливаются расчетные оросительные нормы и возможная динамика их размеров для вегетационного периода каждого из расчетных лет и расчетных условий. Устанавливаются расчетные поливные нормы и динамика их размеров для вегетационных поливов. Устанавливаются сроки и число вегетационных поливов, размеры поливных и межполивных периодов, с учетом довегетационных и промывных поливов. Такой расчет производится для каждого из расчетных лет.

Полученные расчетные схемы поливов сравниваются с данными опытных станций, стахановцев и передовиков колхозов и совхозов. После внесения необходимых изменений и уточнений принимаются окончательные расчетные схемы.

Далее для каждой схемы, каждого расчетного состава культур и для каждого расчетного года строятся неуккомплектованные графики гидромодуля, затем производится их укомплектование, после чего получают окончательные расчетные графики гидромодуля.

На основе полученных расчетных графиков нужно установить расчет-

ные ординаты графиков гидромодуля и их динамику в зависимости от изменения тех или других условий, их определяющих.

Совершенно очевидно, что указанный порядок проектирования элементов расчетного графика гидромодуля является только известной схемой очередности технического решения задачи. Все расчетные величины, т. е. нормы, сроки и число поливов, связаны между собою и в то же время находятся в зависимости от проектируемой урожайности, агротехники, организации труда, механизации работ, техники орошения и всех элементов природного комплекса, изменение которых в нужном направлении является основной задачей проектируемого режима орошения.

§ 18. Материалы, необходимые для проектирования расчетных норм, числа и сроков полива

1. Материалы опытных станций, стахановцев и передовых колхозов и совхозов района, в котором проектируется орошение (основные материалы).

2. Материалы опытных станций, стахановцев и передовых колхозов и совхозов других районов, аналогичных (в известной степени) по своим природным и хозяйственным условиям с районом, где проектируется орошение.

3. Прочие расчетные данные и материалы, основанные на экспериментальных полевых и лабораторных исследованиях в других районах.

Наиболее ценными данными для установления расчетных норм являются материалы местных опытно-оросительных станций и материалы, полученные стахановцами и передовиками орошаемого земледелия в районе, где проектируется орошение.

Использование в проектах опытных и практических данных по нормам, числу и срокам полива должно производиться только после подробной оценки тех условий, в которых получены эти данные, и установления аналогии этих условий с условиями проектируемого орошения.

§ 19. Методика проектирования оросительных норм

Оросительную норму-нетто можно представить как разность между потребным расходом воды на транспирацию растений плюс испарение почвы и количеством воды в виде атмосферных осадков и водных запасов почвы, которые могут быть использованы на транспирацию и испарение. При таком подходе к определению оросительной нормы величина ее определяется из уравнений:

$$M_{\text{нетто}}^{\text{вегет}} = (K_1 + K_2) A - 10z_1P_1 - 10z_2P_2 - W'_0 + W_2 \quad (1)$$

или

$$M_{\text{нетто}}^{\text{вегет}} = (K_1 + K_2) A - 10z_2P_2 - W_0 + W_2. \quad (2)$$

Входящие в эти уравнения величины имеют следующие значения:

$M_{\text{нетто}}^{\text{вегет}}$ — вегетационная оросительная норма-нетто в кубических метрах на гектар (без предпосевных, запасных и промывных поливов);

K_1 — количество кубических метров воды, расходуемое на 1 га проектируемой культуры на транспирацию, в расчете на 1 т сухой продукции растения (зерна, сырца хлопка и пр.);

K_2 — количество кубических метров воды, расходуемое на испарение с 1 га почвы, занятой растением, в расчете на 1 т сухой продукции растения (зерна, сырца хлопка и пр.);

- A — количество тонн проектного урожая сухой продукции культурного растения (зерна, сырья хлопка и пр.);
 $10\tau_1 P_1$ — задержанные почвою осадки за период от уборки предшествующей культуры до посева расчетной культуры в кубических метрах на гектар;
 P_1 — осадки за указанный период в миллиметрах;
 α_1 — коэффициент полезного использования осадков, выпавших от уборки предшествующей культуры до посева расчетной;
 $10\tau_2 P_2$ — полезно используемые осадки вегетационного периода культуры в кубических метрах на гектар;
 P_2 — осадки за вегетационный период в миллиметрах;
 α_2 — коэффициент полезного использования осадков в период вегетации, т. е. от посева культуры до уборки;
 W_0 — запас воды в расчетном слое почвы перед посевом культуры в кубических метрах на гектар-нетто;
 W_2 — запас воды в расчетном слое почвы перед уборкою культуры в кубических метрах на гектар (или в расчетный определенный день);
 W'_0 — запас воды в почве при уборке предшествующей культуры.

На расчетные размеры оросительной нормы существенное влияние могут оказать грунтовые воды, если они частично используются растением. В этом случае в формулы должна быть введена величина, характеризующая это влияние:

$$M_{\text{нетто}}^{\text{вегет}} = (K_1 + K_2) A - 10\tau_1 P_1 - 10\tau_2 P_2 - W'_0 + W_2 - M_{\text{зр}} \quad (1a)$$

или

$$M_{\text{нетто}}^{\text{вегет}} = (K_1 + K_2) A - 10\tau_2 P_2 - W'_0 + W_2 - M_{\text{зр}}. \quad (2a)$$

Здесь $M_{\text{зр}}$ означает количество кубических метров воды, использованной 1 га культуры из запасов грунтовой воды.

В схематических уравнениях оросительной нормы влияние конденсации паров воды из атмосферы и парообразное передвижение воды в почве не учтено ввиду трудности получения необходимых расчетных данных. Если такие данные имеются, то в формулу оросительной нормы их ввести нужно.

Если до посева культуры даются предпосевные или запасные и промывные поливы, то эти поливы учитываются в исходном запасе W_0 и в величину оросительной нормы вегетационного периода не включаются.

При расчете оросительной нормы по первой формуле довегетационные поливы учитываются в самой формуле, и она в этом случае получает следующий вид:

$$M_{\text{нетто}}^{\text{вегет}} = (K_1 + K_2) A - 10\tau_1 P_1 - 10\tau_2 P_2 - W'_0 + W_2 - \beta M_{\text{нетто}}^{\text{довегет}}.$$

Здесь коэффициент β учитывает полезное использование воды довегетационных поливов. При расчете по второй формуле довегетационные поливы учитываются в запасе воды перед посевом.

В приведенных схемах расчета размеров оросительной нормы важнейшими являются величины K — коэффициента водопотребления и A — расчетного урожая. Величина расчетного урожая культуры и ее динамика устанавливаются экономическими расчетами на основе имеющихся опытных данных и данных, полученных стахановцами и передовиками орошаемого земледелия.

При расчете урожая необходимо дать урожай основной продукции (зерно, волокно и т. д.), а также и урожай всей сухой надземной массы растения.

Значение K определяется двумя слагаемыми: 1) количеством воды, потребляемой культурным растением на транспирацию и расчете на единицу сухой продукции, 2) количеством воды, расходуемой почвою на испарение, тоже в расчете на единицу сухой продукции растения.

$K = K_1 + K_2$ кубометров воды на тонну сухой продукции растения. Величину K называют расчетным коэффициентом водопотребления.

Определение расчетного коэффициента водопотребления может быть произведено на основании следующих данных:

1. Путем непосредственного подсчета расходов воды на единицу урожая, полученного на опытных станциях и у стахановцев и передовиков колхозов и совхозов в районе проектируемого орошения в условиях, аналогичных проектируемым.

При использовании опытных данных, полученных в полевых условиях, необходимо установить: а) каким методом получены и учтены эти полевые данные, на какой площади, в каком севообороте и при какой урожайности; б) учитывалось ли потребление воды только на транспирацию растения и испарение с поверхности почвы или же учитывалось суммарное расходование воды, включая и непроедуктивные потери воды с поля; в) как учитывались атмосферные осадки при подсчете потребления воды культурой; г) какая была агротехника и удобрения; д) характеристику года и почвы.

Для получения расчетных значений коэффициента водопотребления необходимо считать только расход воды на транспирацию культурных растений и на испарение почвы. В подсчет коэффициента водопотребления потери воды на орошаемом поле не должны включаться.

2. По величине оросительных норм, полученных путем опытов или наблюдаемых в хозяйственных условиях. Использование этих материалов (оросительных норм) может быть сделано так: в значения полученных оросительных норм вводится поправка за счет потерь воды в поле (на неравномерность увлажнения, потери в поливных канавах, сброс), затем прибавляются полезно используемые осадки, и сумма делится на урожай сухой продукции, при котором получена данная норма; в результате получают величины коэффициента водопотребления (конечно, совершенно ориентировочные):

$$K = \frac{\beta \cdot M_{\text{нетто}} + \alpha \cdot P \cdot 10}{A}$$

Если нет точных данных, то приближенные значения β , α , P таковы:

$\beta = 0,8 - 0,95$ (в зависимости от способа полива);

$\alpha = 1,0$, если осадки только вегетационные;

$\alpha = 0,4 - 0,5$, если осадки годовые;

P — расчетные осадки в миллиметрах;

A — урожай, полученный в опыте (в тоннах).

3. По величине так называемых транспирационных коэффициентов, полученных путем опытов в поле или в вегетационных сосудах. Используя значения транспирационного коэффициента, необходимо помнить, что здесь учтен расход только на транспирацию растений, а не суммарный расход и на транспирацию растений и на испарение почвы. В особенности же важно учитывать, при каких размерах урожая, почвенной влажности и в каких условиях питательного режима получены опытные данные. Если размеры урожая, почвенной влажности и питательный режим почвы при опытах существенно отличались от тех, которые проектируются, то такими значениями транспирационных коэффициентов пользоваться нельзя. Совершенно ясно,

что климатические условия, в которых получены опытные данные, должны быть близки к проектным.

Значения транспирационного коэффициента можно установить по литературным материалам и отчетным данным опытных станций.

На величину транспирационного коэффициента в значительной степени влияет питательный режим почвы (удобрение). Благодаря удобрениям повышается урожай, и это повышение урожая, вызывая повышение количества потребленной воды, в то же время снижает удельное потребление воды, т. е. снижает величину транспирационного коэффициента.

Акад. В. Р. Вильямс приводит следующие цифры влияния удобрений на значения коэффициента транспирации: неудобренная пшеница — 800; удобренная азотом и фосфором — 545; удобренная азотом, фосфором и калием — 480. Эти цифры говорят за то, что к выбору значений транспирационного коэффициента необходимо подходить особенно осторожно, строго анализируя все те условия, в которых получены цифры, и устанавливая их аналогию с проектными условиями.

При расчете коэффициента водопотребления по величине коэффициента транспирации коэффициент испарения почвою, т. е. величина K_2 , устанавливается ориентировочно, как известный процент от расхода воды на транспирацию. При отсутствии данных ориентировочно можно принять, что $K_2 = \gamma K_1$, причем $\gamma =$ от 0,20 до 0,40 в зависимости от урожая и агротехники. Чем выше урожай и чем лучше мероприятия по борьбе с непроизводительным испарением воды почвою, тем меньше значение величины γ .

Подсчет полезного используемого количества воды естественных осадков довегетационного и вегетационного периодов, т. е. P_1 и P_2 , производится по данным метеорологических станций.

При отсутствии опытных данных коэффициент α_2 можно принимать равным 1,0. Величина α_1 — коэффициента полезного использования почвою осадков довегетационного периода — характеризует только ту часть осадков, которая сохранилась в почве к моменту посева культуры. Эта величина зависит от целого ряда условий: от размеров испарения почвы, величины осеннего, зимнего и весеннего стока, фильтрации в глубокие горизонты, наличия или отсутствия предпосевных и запасных поливов. Каких-либо устойчивых средних размеров этого коэффициента указать нельзя — его необходимо определять, исходя из комплекса конкретных условий.

Примерная методика установления α_1 — коэффициента полезного использования почвою осадков довегетационного периода — вытекает из анализа баланса этих осадков.

При отсутствии данных о коэффициенте полезного использования осадков довегетационного периода (а это обычно) необходимо пользоваться второй формулой расчета оросительной нормы. В этом случае значение запаса почвенной влажности в предпосевной период, т. е. W_2 , необходимо установить или по данным опытных станций, или путем постановки исследований. Второй формулой необходимо пользоваться при наличии предпосевных или запасных поливов, влияние которых здесь будет учтено размерами запаса почвенной влажности перед посевом.

В районах, имеющих неустойчивые климатические показатели, оросительные нормы определяются для средне-сухого и средне-влажного расчетных годов с оценкой возможной динамики их для исключительно сухих и исключительно влажных лет. В проектах регулирования стока подсчеты оросительных норм для четырех основных расчетных лет (средне-сухого, средне-влажного, исключительно сухого и исключительно влажного) обычно делаются для небольших проектов.

Для крупных проектов анализ динамики оросительных норм делается по отдельным годам за ряд лет (20—40).

§ 20. Методика проектирования размеров поливных норм

Величину поливной нормы проф. А. Н. Костяков определяет по таким формулам:

$$m_{\text{нетто}} = H \cdot A (\beta_{\text{макс}} - \beta_{\text{нал}}),$$

$$\beta_{\text{нал}} = (1 - \sigma) \beta_{\text{опт}},$$

где коэффициент σ — допускаемое при поливе отклонение почвенной влажности от оптимальной;

A — полная скважность расчетного слоя почвы в процентах;

H — расчетный слой почвы в метрах;

$\beta_{\text{макс}}$ } максимальная, наличная и оптимальная влажности расчет-
 $\beta_{\text{нал}}$ } ного слоя почвы.
 $\beta_{\text{опт}}$ }

Величина отклонений от оптимальной влажности σ принимается, в зависимости от тщательности регулирования водного режима в расчетном слое почвы, от 0,1 до 0,2. При малых значениях σ поливные нормы получаются меньше, но зато число их соответственно должно быть увеличено.

Максимальная влажность почвы $\beta_{\text{макс}}$ близка к предельной влагоемкости.

Оптимальная влажность почвы $\beta_{\text{опт}}$ равна от 80 до 60% от скважности, в зависимости от культуры, фазы развития ее и дозировки удобрений. Наличная, перед поливом, влажность почвы определяется на основании опыта.

Глубина активного (расчетного) слоя почвы H (выражается в метрах) зависит от глубины действующей корневой системы культуры, от глубины залегания растворимых солей в почве, от способа внесения удобрений и от мощности почвенного слоя. Поэтому величина H переменная. Величина H постепенно увеличивается в связи с углублением корневой системы.

Для овощных культур максимальная величина H может быть принята равной 0,50—0,80 м, для полевых культур — 0,80—0,90 м и для трав — 0,80—1,00 м. При высоком залегании солевого горизонта необходимо принимать H с расчетом, чтобы глубина промачивания не доходила до горизонта скопления солей. На почвах, имеющих неглубокий культурный слой, величина H , а следовательно, и поливные нормы, берется меньше, нежели на глубоких, мощных почвах.

В качестве примера приводятся следующие значения поливных норм-нетто при $\sigma = 0,15$ и $\beta_{\text{опт}} = 60$. Для $\beta_{\text{макс}} = 75$.

Примеры значений поливных норм-нетто (в кубических метрах)

Наименование культур	A = 40		A = 50		A = 40		A = 50	
	при H, рав-ном	m-нетто	при H, рав-ном	m-нетто	при H, рав-ном	m-нетто	при H, рав-ном	m-нетто
Овощные культуры	0,6	576	0,6	720	0,5	480	0,5	600
Полевые »	0,7	672	0,7	840	0,8	768	0,8	960
Травы	0,9	864	0,9	1080	1,0	960	1,0	1200

Проектные размеры поливных норм должны быть обязательно проверены по следующему условию: если обозначить запас воды перед поливом в расчетном слое почвы через W м³ на гектар, предельную влагоемкость этого же слоя через $W_{пр}$ м³ на гектар, то $m + W \leq W_{пр}$.

Для промывных поливных норм: $m + W = n \cdot W_{пр}$, где n больше единицы.

Значения предельной влагоемкости почвы — см. главу III, стр. 27.

Кроме указанных соображений, при проектировании размеров поливных норм необходимо учесть способ полива, требования которого могут заставить несколько изменить поливную норму по сравнению с размером, полученным расчетом. Например, при способе полива напуском поливные нормы-брутто менее 500 м³ на 1 га возможны только при тщательной планировке площади. Однако нельзя делать и значительных изменений расчетных поливных норм из-за требований техники полива. В этом случае надо ставить вопрос об изменении техники полива. Во всяком случае нужный поливной режим определяет и технику полива.

§ 21. Число и размещение довегетационных и вегетационных поливов

Приступая к распределению поливов во времени, необходимо в первую очередь решить вопрос о довегетационных поливах, т. е. о предпосевных поливах и поливах, даваемых для создания запаса воды в корнеобитаемом слое, а также о промывных поливах, так как только при правильном сочетании довегетационного и вегетационного режима орошения можно построить правильную схему поливов.

Вопрос о предпосевных и запасных поливах должен решаться следующим образом:

1) предпосевные поливы должны обеспечить необходимый запас воды в почве для всходов и последующих периодов развития растения, если естественные осадки и надлежащая агротехника не обеспечивают этого;

2) запасные поливы создают нужное увлажнение глубоких горизонтов; запасные поливы в сочетании с вегетационными поливами обеспечивают наиболее целесообразное увлажнение почвы и использование источника орошения;

3) запасным поливам может быть поставлена задача обеспечить опреснение верхних горизонтов почвы.

Когда естественных осадков недостаточно для того, чтобы обеспечить оптимальные условия для всходов и первых периодов развития культур, то полив довегетационный необходим. На почвах легких, водопроницаемых и обеспеченных на небольшой глубине хорошим естественным дренажем, запасные поливы (осенние, зимние, ранние весенние) не решают задачи; в этих условиях довегетационный полив должен быть дан незадолго до посева, т. е. как предпосевной полив. При почвах средних и тяжелых с глубоким залеганием грунтовых вод предпосевной полив можно заменить осенне-зимним или ранне-весенним запасным поливом, однако при непременном условии поддержания почвы после полива в рыхлом состоянии.

Если количество осенне-зимних и весенних осадков достаточно для обеспечения всходов и первых периодов развития культур, то предпосевные поливы обычно исключают, ограничиваясь агротехническими мероприятиями по накоплению и сохранению естественных осадков, а главное, правильно и своевременно организуя посев культур. При источнике орошения, имеющем максимальный расход, не совпадающий по времени с

периодом максимального потребления воды, целесообразно проектировать запасные поливы в целях лучшего использования источника. Если осенне-зимние и весенние осадки не обеспечивают глубокого промачивания почвы, тогда обязательно следует проектировать запасные поливы. Поливные нормы запасных поливов берутся больше норм вегетационных поливов с целью создания запаса воды в почве. Предпосевные поливы даются небольшими нормами для увлажнения верхних горизонтов почвы.

Вопрос о промывных поливах, их числе и времени промывки решается в схеме необходимых мелиоративных мероприятий. Там устанавливается необходимость промывки, намечается способ отвода промывных вод и указывается наилучшее время для промывки сообразно глубине стояния грунтовых вод.

Обычно промывные поливы производятся в то время, когда грунтовые воды опускаются. Промывные поливные нормы назначаются от 1 500 до 2 500 м³ на гектар.

Число и нормы промывных поливов определяются соответствующим расчетом (см. ниже специальный раздел).

Размеры промывных норм определяются глубиной слоя, в котором необходимо произвести вымывание солей, наличной (перед промывкой) влажностью и величиной предельной влагоемкости почвы.

Если расчетный слой почвы — H м, средняя объемная влажность к моменту полива — r процентов, предельная влагоемкость слоя H равна R объемных процентов, то промывная норма m_{np} будет равна:

$$m_{np} = [H \cdot (R - r) \cdot 100] \cdot n \text{ м}^3 \text{ на гектар.}$$

Только при этом условии создается отток воды в глубокие горизонты или в дрены, а вместе с водою и удаление из почвы солей. Величина n больше единицы.

Размещение вегетационных поливов во времени, т. е. определение расчетных сроков поливов, является наиболее трудной задачей.

Опыт и практика показывают, что в каждом периоде своего развития растение предъявляет определенные требования к теплу, свету, запасу почвенной влажности и питательных веществ; при этом как размеры, так и нужная глубина увлажнения почвенного слоя являются величинами переменными, зависящими от культуры, почвенных и климатических условий, агротехники и удобрений, определяющих урожай. Поэтому только на основе достаточно устойчивых опытных данных и практики могут быть установлены оптимальные схемы поливов, отвечающие проектируемой устойчивой урожайности и предусматривающие рост ее.

При отсутствии устойчивых опытных данных и данных практики можно говорить только об ориентировочном установлении расчетных схем полива.

Метод графо-аналитического расчета числа и сроков полива культур разработан проф. А. Н. Костяковым.

Пусть глубины (в метрах) расчетного слоя почвы, в котором необходимо произвести нужное изменение почвенной влажности, равны H_1, H_2, H_3 — соответственно порядковому номеру полива. Средние проценты скважности расчетных слоев почвы равны A_1, A_2, A_3 . Средняя влажность почвы (в весовых процентах) в расчетном слое H_1 перед первым поливом равна r_1 ; средний объемный удельный вес расчетных слоев почвы a_1, a_2, a_3 . Предельная влагоемкость расчетных слоев почвы: $W'_{np}, W''_{np}, W'''_{np}$ м³ на гектар. Запас почвенной влажности в расчетном

слой перед посевом W_0 м³ на гектар. Запасы воды в слоях почвы H_1, H_2, H_3 перед первым поливом: $W'_{исх}, W''_{исх}, W'''_{исх}$ м³ на гектар. Расчетный запас воды в расчетном слое почвы H_1, H_2, H_3 перед первым, вторым, третьим поливом обозначим через W', W'', W''' .

Размеры поливных норм нетто — m_1, m_2, m_3 .

Средний суточный расход воды на транспирацию растения и испарение почвы — E_1, E_2, E_3 м³ на гектар. Длина межполивного периода — τ_1, τ_2, τ_3 суток. Количество полезно используемых осадков за время межполивного периода $10P_1, 10P_2, 10P_3$ м³ на гектар. Оптимальное содержание почвенной влажности в расчетный период развития культуры — $W'_{онм}, W''_{онм}, W'''_{онм}$.

Указанные элементы находятся в следующей связи:

Для первого полива

$$1) W' = H_1 r_1 a_1 \cdot 100 \text{ м}^3/\text{га};$$

2) $W' + m_1 \geq W'_{np}$ (при расчетах $W' + m_1$ может немного отличаться от W'_{np});

$$3) E_1 \tau_1 = m_1 + W' - W'' + 10P_1 + W'_{исх} - W'_{исх};$$

$$4) W'_{np} \geq W'_{онм}; \quad W' \leq W_{онм}.$$

Для второго полива:

$$1) W'' = H_2 r_2 a_2 \cdot 100 \text{ м}^3/\text{га};$$

2) $W'' + m_2 \geq W''_{np}$ (при расчетах сумма $W'' + m_2$ может немного отличаться от W''_{np});

$$3) E_2 \tau_2 = m_2 + W'' - W''' + 10P_2 + W'_{исх} - W'_{исх};$$

$$4) W''_{np} \geq W''_{онм}; \quad W'' \leq W''_{онм}.$$

и т. д.

Решение приведенных соотношений может идти в таком порядке: в первую очередь нужно установить глубины H_1, H_2, H_3 и т. д., затем установить запас почвенной влажности перед посевом и перед первым поливом как во всем расчетном слое, так и в слоях H_1, H_2, H_3 и т. д.

Данные о почвенной влажности перед посевом необходимо получить путем соответствующих исследований и материалов опытных учреждений или же примерным расчетом по балансу осадков и довегетационных поливов. При наличии предпосевных и запасных поливов величины запасов воды перед посевом можно принимать близкими к значению предельной влагоемкости почвы.

Величина H_1, H_2 и т. д. должны увеличиваться согласно углублению корневой системы. Опытные данные и данные, полученные стахановцами, говорят за то, что величины H , а следовательно, и величины поливных норм должны постепенно возрастать и только в самом конце оросительного периода поливные нормы могут вновь уменьшаться.

Таким образом, выбор расчетных значений H и m делается совместно, исходя из оценки всех условий, определяющих поливную норму и глубину нужного промачивания почвы.

Запасы воды перед поливами определяются размером возможного снижения почвенной влажности и повышения концентрации почвенного раствора без снижения расчетного урожая.

Надо помнить, что эти запасы воды зависят от удобрений и подкормок культуры. Поэтому при установлении остаточных запасов воды перед поливами должны быть учтены запасы не только воды, но и питательных веществ в почве, причем концентрация почвенного раствора должна быть

как перед поливом, так и между поливами близкой к оптимальной, установленной опытом и практикой.

Отклонения значений запасов воды в почве перед поливом и после полива от оптимальных не должны превышать 20%.

Величины предельной влагоемкости определяются при почвенных исследованиях.

Наиболее трудно определяемыми элементами расчета являются среднесуточные расходы воды растением и почвою, т. е. величины E_1, E_2, E_3 и т. д. Надлежаще обоснованного и проверенного теоретического расчета этих величин нет. Поэтому в настоящее время единственно надежными данными могут быть только данные полевого опыта, проведенного с тщательным учетом всех элементов водного баланса поливной площадки, и построенные на основании опыта кривые водопотребления.

Этими данными и необходимо пользоваться при проектировании расчетного режима орошения культур.

Ниже в качестве примера приводятся схемы расчета норм и сроков полива хлопчатника и яровой пшеницы.

§ 22. Примеры расчета сроков и норм полива различных культур

1. Расчет вегетационных норм и сроков полива яровой пшеницы для средне-сухого года (Заволжье)

Почва: обыкновенный чернозем средней мощности, средне суглинистый.

1. Расчетный урожай зерна для условий средне-сухого года $A = 3,5$ т на гектар.

Агротехника и удобрения — соответствующие расчетному урожаю.

2. Расчетный коэффициент водопотребления:

$$K_1 + K_2 = K = 1\ 150 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ т зерна.}$$

Определяется на основе опытных данных и практики.

3. Расчетное суммарное потребление воды (транспирация + испарение): $K \cdot A = 1\ 150 \cdot 3,5 = 4\ 025 \text{ м}^3$ на 1 га, округленно $4\ 000 \text{ м}^3$ на 1 га.

4. Расчетные осадки вегетационного периода для условий средне-сухого года в кубометрах на гектар:

Расчетная таблица осадков вегетационного периода (при $\alpha_2 = 1$)

Расчетный год	Апрель			Май			Июнь			Июль			Всего
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
1908	—	—	30	80	140	100	40	160	40	100	80	—	770

Примечание. В качестве расчетного средне-сухого года принят 1908 г. как наиболее близкий к фиктивному средне-сухому году за период вегетации яровой пшеницы.

5. Расчетный средний день посева — 16 апреля.

Продолжительность расчетного периода потребления воды $T = 105$ суток (от 16 апреля до 29 июля).

6. Расчетные глубины слоя почвы H в метрах;

Апрель			Май			Июнь			Июль		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
—	0,25	0,25	—	—	0,35	0,50	0,60	0,70	0,80	0,80	0,80

7. Скважность расчетных слоев почвы в процентах от объема расчетного слоя и в кубометрах на гектар:

Таблица расчетных величин скважности почвы

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)						
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Скважность в процентах	56,3	56,38	56,47	56,71	56,95	56,70	56,40
Скважность в кубометрах на гектар	1 126	1 691	2 159	2 838	3 417	3 969	4 230

8. Двойная максимальная гигроскопичность в процентах от объема расчетного слоя почвы и в кубических метрах на гектар:

Таблица расчетных величин двойной максимальной гигроскопичности почвы

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)						
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Двойная максимальная гигроскопичность в процентах	15,18	15,30	15,42	15,62	14,82	15,05	15,28
Двойная максимальная гигроскопичность в кубометрах на гектар	304	459	617	781	889	1 054	1 146

9. Максимальные расчетные запасы воды в расчетном слое почвы, близкие к предельной влагоемкости в кубометрах на гектар:

Таблица расчетных максимальных запасов воды в почве

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)							Примечание
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
Максимальные запасы воды . .	760	1 115	1 460	1 785	2 105	2 450	2 625	В пределах 100% предельной влагоемкости

10. Минимальные запасы воды в расчетном слое почвы, принимаемые равными 40% от общей скважности, в кубометрах на гектар:

Таблица расчетных минимальных запасов воды в почве

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)						
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Минимальные запасы воды	450	675	865	1135	1365	1590	1690

11. Предельные размеры поливных норм, определенные из формулы $m_{пр} = W_{макс} - W_{мин}$.

$m_{пр} =$ от 550 до 900 м³/га, а с учетом потерь воды внутри поливной карты — от 600 до 950 м³/га.

12. Запасы воды в расчетном слое от $H = 0,25$ м до $H = 0,80$ м перед посевом принимаются в размере 90% от предельной влагоемкости. Эти запасы должны быть созданы снего- и водозадержательными работами или соответствующими запасными поливами.

$$W'_{исх} = 840 \text{ м}^3/\text{га при } H = 0,25 \text{ м;}$$

$$W_0 = 2360 \text{ м}^3/\text{га при } H = 0,80 \text{ м.}$$

13. Расчетная кривая ежесуточного суммарного потребления воды (транспирация + испарение) устанавливается на основании опытных данных для условий средне-сухого года и урожая, примерно равного расчетному (кривая показана графически на рис. 11).

14. Методика расчетов показана в таблицах и графике (см. рис. 12 и таблицы балансовых подсчетов норм и сроков полива яровой пшеницы — стр. 62 и 63).

Расчет производился одновременно в таблице и на графике.

Нормы и сроки полива яровой пшеницы

№ вариантов	№ гс/днов	Средний день полива	Межполивной период (дней)	Поливные нормы (в кубометрах на 1 га)			Фазы, в которые даются поливы
				Поливная норма-нетто (в кубометрах на 1 га)	Поливная норма-брутто (в кубометрах на 1 га)	Вегетационная оросительная норма (в кубометрах на 1 га)	
I вариант (трехполивной)	1	18/V—21/V	24	700	750		Кущение
	2	11/VI		850	900			Перед колошением
	3	2/VII	20	900	950		2450		Налив
II вариант (четыреполивной)	1	15/V	21	500	600		Начало кущения
	2	5/VI	16	650	700			Трубкавание
	3	21/VI—23/VI	11	650	700		Колошение
	4	2/VII—4/VII		650	700			2450	Налив

15. Произведенные балансовые подсчеты дают следующие нормы и сроки поливов яровой пшеницы для условий средне-сухого года.

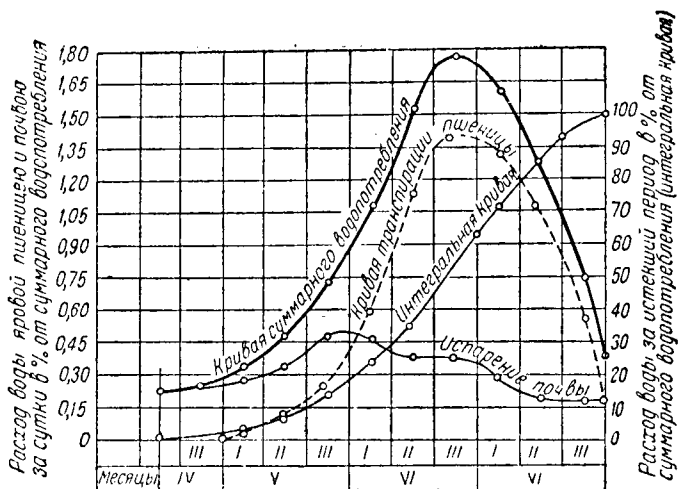


Рис. 11. Расчетная кривая водопотребления яровой пшеницы.

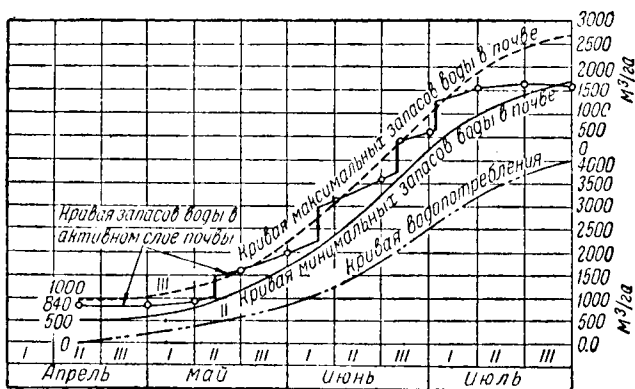


Рис. 12. График изменения запасов воды в расчетном слое при поливе яровой пшеницы.

16. Балансовый расчет обязательно должен быть проверен данными опытных станций, стахановцев и передовиков орошаемого земледелия колхозов и совхозов.

Для проверки и сравнения нужно брать только те данные, при которых получены урожаи, соответствующие расчетному.

Таблица балансовых подсчетов норм и сроков полива яровой пшеницы для условий среднесухого года (вариант трехполивной)

Расчетный период (календарь)	Расчетный слой почвы (Н м)	Запасы воды перед поливом ($W_{\text{нетто}}$ м ³ /га)	Предельные запасы воды в расчетном слое почвы		Запас воды в расчетном слое почвы в начале периода (W м ³ /га)	Расход воды в кубических метрах на гектар Транспирация и испарение	Поступило воды в кубических метрах на гектар				Запас воды в расчетном слое почвы в конце периода	Поливы		Средний день полива
			$W_{\text{макс.}}$ м ³ /га	$W_{\text{мин.}}$ м ³ /га			осадки $10P_2$	из запасов в связи с увеличением расчетного слоя	полив $M_{\text{нетто}}$	всего		Норма без учета потерь $M_{\text{нетто}}$	Норма с учетом потерь $M_{\text{брутто}}$	
16 IV—30 IV	0,25	840	935	560	840	145	30	—	—	30	725	—	—	—
1 V—10 V	0,25	840	935	560	725	139	80	—	—	80	666	—	—	—
1 V—15 V	0,25	840	935	560	666	84	70	—	—	70	652	—	—	—
16 V—20 V	0,25	840	935	560	652	84	70	—	—	70	638	—	—	—
21 V—25 V	0,30	1 000	1 110	675	638	165	—	160	700	860	1 333	700	750	18/V—21/V
26 V—31 V	0,35	1 155	1 285	770	1 333	170	100	155	—	255	1 418	—	—	—
1 VI—5 VI	0,45	1 460	1 620	1 000	1 418	210	—	305	—	305	1 513	—	—	—
6 VI—10 VI	0,50	1 605	1 785	1 135	1 513	210	40	145	—	185	1 488	—	—	—
11 VI—15 VI	0,55	1 750	1 940	1 250	1 488	305	80	145	850	1 075	2 258	850	900	11/VI
16 VI—20 VI	0,60	1 895	2 105	1 365	2 258	305	80	145	—	225	2 178	—	—	—
21 VI—25 VI	0,65	2 050	2 275	1 480	2 178	355	—	155	—	155	1 978	—	—	—
26 VI—30 VI	0,70	2 205	2 450	1 590	1 978	355	40	155	—	195	1 818	—	—	—
1 VII—5 VII	0,70	2 205	2 450	1 590	1 818	325	—	—	900	900	2 393	900	950	2/VII
6 VII—10 VII	0,80	2 360	2 625	1 690	2 393	320	100	155	—	255	2 328	—	—	—
11 VII—20 VII	0,80	2 360	2 625	1 690	2 328	505	80	—	—	80	1 903	—	—	—
21 VII—30 VII	0,80	2 360	2 625	1 690	1 903	323	—	—	—	—	1 580	—	—	—
		$W_0 = 2\ 360$	—	—	—	4 000	770	1 520	2 450	—	1 580	2 450	2 600	—

Баланс: $K \cdot A = M_{\text{нетто}}^{\text{всг}} + 10x_2 P_2 + W_0 - W_2 = 2450 + 770 + 2360 - 1580 = 4\ 000$ м³/га.

Исходный запас воды в слое 0,80 м:

$W_0 - W_2 = 780$ —использованные довегетационные осадки;

$W_0 = 2360$ м³/га = 1520 + 840;

$10x_2 P_2 = 770$ —вегетационные осадки;

$W_2 = 1580$ —остающаяся влажность;

$M_{\text{нетто}}^{\text{всг}} = 2450$ —оросительная норма.

Используемые осадки: $770 + 780 = 1550$ м³/га.

Таблица балансовых подсчетов норм и сроков полива яровой пшеницы для условий средне-сухого года (вариант четырехполивной)

Расчетный период (календарь)	Расчетный слой почвы (Н м)	Запасы воды перед по- севом ($W_{\text{нетто}}$ м ³ /га)	Предельные запасы воды в расчетном слое почвы		Запас воды в расчетном слое почвы в начале периода (W м ³ /га)	Расход воды за пе- риод на гектар (транспи- рация и испарение) в кубиче- ских мет- рах на гек- тар	Поступило воды за период (в кубических метрах на гектар)				Запас воды в расчет- ном слое почвы в конце периода	Поливы		Средний день полива
			$W_{\text{макс}}$ м ³ /га	$W_{\text{мин}}$ м ³ /га			осадки 10 ^Р ₂	из запасов в свя- зи с увеличе- нием расчетного слоя	поливов $m_{\text{нетто}}$	всего		Норма без учета потерь $m_{\text{нетто}}$	Норма с учетом потерь $m_{\text{брутто}}$	
16/IV—30/IV	0,25	840	935	560	840	145	30	—	—	30	725	—	—	—
1/V—10 V	0,25	840	935	560	725	139	80	—	—	80	666	—	—	—
11/V—15 V	0,25	840	935	560	666	84	70	—	—	70	652	—	—	—
16 V—20 V	0,25	840	935	560	652	84	70	—	—	70	652	—	—	—
21 V—25 V	0,30	1 000	1 100	675	1 138	165	—	—	500	570	1 138	500	600	15/V
26/V—31 V	0,35	1 155	1 285	770	1 133	170	100	—	—	160	1 133	—	—	—
1/VI—5/VI	0,45	1 460	1 620	1 000	1 218	210	—	—	—	155	1 218	—	—	—
6 VI—10/VI	0,50	1 605	1 785	1 135	1 313	210	40	—	—	305	1 313	—	—	—
11 VI—15 VI	0,55	1 750	1 940	1 250	1 938	305	80	—	—	145	1 938	—	—	—
16 VI—20 VI	0,60	1 895	2 105	1 365	1 858	305	80	—	—	145	1 858	—	—	—
21/VI—25 VI	0,65	2 050	2 275	1 480	1 778	355	—	—	—	155	1 778	—	—	—
26 VI—30 VI	0,70	2 205	2 450	1 590	2 228	355	40	—	—	155	2 228	—	—	—
1/VII—5/VII	0,70	2 205	2 450	1 590	2 068	325	—	—	—	155	2 068	—	—	—
6 VII—10 VII	0,80	2 360	2 625	1 690	2 393	320	100	—	—	650	2 393	650	700	2—4/VII
11 VII—20/VII	0,80	2 360	2 625	1 690	2 328	505	80	—	—	225	2 328	—	—	—
21/VII—30 VII	0,80	2 360	2 625	1 690	1 903	323	—	—	—	80	1 903	—	—	—
						4 000	770	1 520	2 450	—	1 580	2 450	2 700	—

Баланс: $K \cdot A = M_{\text{нетто}} + 10x_2 P_2 + W_0 - W_2 = 2450 + 770 + 2360 - 1580 = 4000$ м³/га.

Исходный запас воды в слое 0,80 м:

$W_0 = 2360$ м³/га = 1520 + 840;

$W_2 = 1580$ м³/га—остающаяся влажность;

$W_0 - W_2 = 780$ м³/га—использованные вегетационные осадки;

$10P_2 = 770$ м³/га—использованные вегетационные осадки;

$M_{\text{нетто}} = 2450$ м³/га—(оросительная норма).

Используемые осадки: $780 + 770 = 1550$ м³/га.

2. Расчет вегетационных норм и сроков полива хлопчатника для условий средне-сухого года (Фергана)

1. Расчетный урожай сырца для условий средне-сухого года — 4,5 т.
 $A = 4,5$ т.

Агротехника и удобрения — соответствующие проектируемому размеру урожая. Почвы маломощные, легкие и средние суглинки.

2. Расчетный коэффициент водопотребления для расчетного средне-сухого года:

$$K = (K_1 + K_2) = 1700 \text{ м}^3 \text{ на тонну продукции.}$$

Коэффициент водопотребления определяется на основе данных опыта и практики.

3. Расчетные осадки вегетационного периода ($10\alpha_2 P_2$) по десятидневкам, при $\alpha_2 = 1$:

Расчетная таблица осадков вегетационного периода (осадки в кубометрах на гектар)

Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
—	—	100	—	—	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150	—

4. Расчетное суммарное потребление воды: $(K_1 + K_2) A = 1700 \cdot 4,5 = 7650 \text{ м}^3$ на 1 га $\approx 7600 \text{ м}^3$ на 1 га.

5. Средний день посева — 15 апреля.

Продолжительность расчетного периода, т. е. время от среднего дня посева до расчетного последнего дня потребления воды $T = 165$ суток (от 15 апреля до 30 сентября).

6. Расчетный слой почвы H (в метрах):

Таблица расчетных глубин почвы (в метрах)

Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
0,30	0,30—0,40	0,40—0,60	0,60—0,80	0,80	0,80

Расчетный слой почвы H изменяется от 0,30 до 0,80 м, постепенно увеличиваясь от посева до созревания.

7. Сквозность расчетных слоев почвы в процентах:

Таблица расчетных величин сквозности почвы

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Сквозность расчетных слоев почвы в процентах	52	50	50	48	46	46

8. Максимальные расчетные запасы воды в почве, близкие к величине предельной влагоемкости расчетного слоя почвы, в кубических метрах на гектар:

Таблица расчетных максимальных запасов воды в почве

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
W_{\max} (в кубометрах на гектар)	1 050	1 350	1 650	1 950	2 250	2 550

Подсчитываются по кривой предельной влагоемкости расчетного слоя $H = 0,80$ м.

9. Оптимальные запасы воды в расчетном слое почвы, выраженные в кубических метрах на гектар. Оптимальные запасы приняты в размере 60—65% от скважности.

Таблица расчетных оптимальных запасов воды в почве

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$W_{\text{опт}}$ (в кубометрах)	от 900 до 1 000	от 1 200 до 1 300	от 1 450 до 1 600	от 1 700 до 1 800	от 1 900 до 2 100	от 2 100 до 2 400

10. Минимальные запасы воды, в кубических метрах на гектар в расчетном слое почвы. Минимальные запасы близки к максимальной молекулярной влагоемкости или около 40% от объема скважности почвы.

Таблица расчетных минимальных запасов воды в почве

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
W_{\min} (в кубометрах на гектар)	700	900	1 150	1 250	1 350	1 500

11. Предельные размеры поливных норм, определенные по формуле:

$$m \leq W_{\max} - W_{\min};$$

в зависимости от глубины расчетного слоя H , принимаются равными:

$$m_{\text{нетто}} = \text{от } 600 \text{ до } 900 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га,}$$

$$m_{\text{брутто}} = \text{от } 650 \text{ до } 950 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га.}$$

12. Запас воды в почве в слое $H = 0,8$ перед посевом, т. е. W_0 , принимаем близким к предельной влагоемкости:

$$W_0 = 2 550 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га.}$$

Запас воды в почве в расчетном слое $H_1 = 0,30$ м перед посевом принимаем близким к предельной влагоемкости этого слоя:

$$W_1 = 1\,050 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га.}$$

Эти запасы воды должны быть созданы путем накопления естественных осадков и запасных зимних или ранних весенних поливов. Если понадобится по условиям весны, то должен быть дан небольшой предпосевной полив.

13. Кривая ежесуточного потребления воды (транспирация + испарение) устанавливается на основании опытных данных (см. рис. 13).

14. Установление расчетных норм и сроков полива хлопчатника производится методом балансовых подсчетов запасов воды в расчетных слоях почвы.

Подсчеты запасов воды в почве ведутся одновременно в таблице и на графике.

Пример расчета сроков и норм полива хлопчатника показан в таблице на стр. 68 и графике (см. рис. 14).

15. Произведенные балансовые подсчеты дают следующие нормы и сроки вегетационных поливов хлопчатника:

Нормы и сроки вегетационных поливов хлопчатника

№ полива	Средний день полива	Продолжительность межполивного периода (в днях)	Поливная норма (в кубометрах на 1 га)		Схема поливов
			нетто	брутто	
1	20/V	21	600	650	Созревание—1. Цветение—5. До цветения—2.
2	10/VI		600	650	
3	25/VI	15	700	750	2—5—1.
4	8/VII	13	800	850	
5	20/VII	12	800	800	
6	1/VIII	12	800	800	
7	16/VIII	15	900	900	
8	5/IX	20	800	800	
			6 000	6 200	

$$M_{\text{нетто}}^{\text{вегет}} = 6\,000 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га.}$$

Балансовые расчеты норм, сроков и числа поливов необходимо проверить сравнением полученных данных с данными опытных станций и данными, полученными стахановцами и передовиками колхозов и совхозов, работающими в районе проектируемого орошения или в аналогичных районах.

Для сравнения брать только те опытные данные, при которых урожай был близок к расчетному.

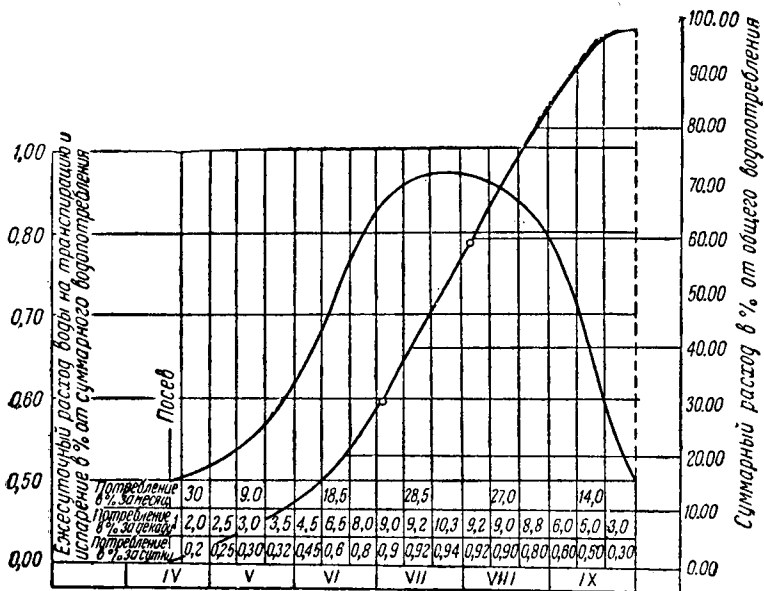


Рис. 13. Расчетная кривая потребления воды (транспирация + испарение почвы) 1 га хлопчатника.

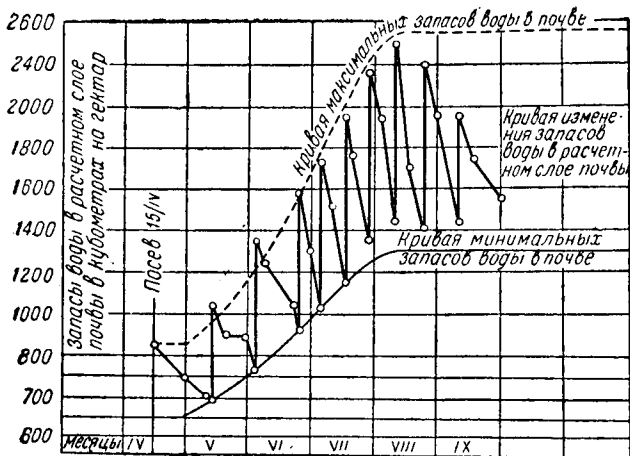


Рис. 14. График изменения запасов воды в расчетном слое почвы при поливе хлопчатника.

Таблица балансового расчета сроков и норм полива хлопчатника

Расчетные периоды (календарь)	Запасы воды перед посевом (в кубометрах на 1 га)	Расчетный слой H (в метрах) в конце расчетного периода	Предельные запасы воды в расчетном слое (в кубометрах на 1 га)		Запас воды в слое в начале периода (в кубометрах на 1 га)	Расход воды из расчетного слоя (в кубометрах на 1 га) Транспирация и испарение	Поступление воды в кубометрах на 1 га в расчетный слой H				Остаток к концу расчетного периода (в кубометрах на 1 га)	Поливы		Средние дни поливов	Межполивные периоды
			максимальный	минимальный			осадки $10P_2$	поливная норма $m_{\text{нетто}}$	за счет увеличения расчетного слоя	всего		нетто	брутто		
16/IV—30/IV	1 050	0,30	1 050	700	1 050	250	100	—	—	100	900	—	—	—	} 21 Доцветения—2
1/V—10 V	—	0,30	1 050	700	900	200	100	—	—	100	800	—	—	—	
11 V—20 V	1 200	0,35	1 200	800	800	250	—	600	150	750	1 300	600	650	20/V	
21 V—31 V	1 350	0,40	1 350	900	1 300	300	150	—	150	300	1 300	—	—	—	
1/VI—10 VI	1 500	0,45	1 500	1 000	1 300	400	—	600	150	750	1 650	600	650	10/VI	
11/VI—20 VI	1 800	0,55	1 800	1 150	1 650	500	—	—	300	300	1 450	—	—	—	
21 VI—30/VI	1 950	0,60	1 950	1 250	1 450	600	—	700	150	850	1 700	700	750	25/VI	
1 VII—10/VII	2 100	0,65	2 100	1 300	1 700	675	—	800	150	950	1 975	800	850	8/VII	
11/VII—20/VII	2 250	0,70	2 250	1 350	1 975	675	—	800	150	950	2 250	800	800	20/VII	
21/VII—31/VII	2 400	0,75	2 400	1 400	2 250	700	—	800	150	950	2 500	800	800	1/VIII	
1/VIII—10/VIII	2 550	0,80	2 550	1 500	2 500	700	—	—	150	150	1 950	—	—	—	
11/VIII—20/VIII	—	0,80	2 550	1 500	1 950	650	—	900	—	900	2 200	900	900	16/VIII	
21/VIII—31/VIII	—	0,80	2 550	1 500	2 200	550	—	—	—	—	1 650	—	—	—	
1/IX—10 IX	—	0,80	2 550	1 500	1 650	500	—	800	—	800	1 950	800	800	5/IX	
11 IX—20 IX	—	0,80	2 550	1 500	1 950	400	—	—	—	—	1 550	—	—	—	
21 IX—30 IX	—	0,80	2 550	1 500	1 550	250	150	—	—	150	1 450	—	—	—	
							7 600	500	6 000	1 500	—	—	6 000	6 200	

 $K = 1 700 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ т продукции.}$
 $A = 4,5 \text{ т.}$
 $K \cdot A \leq 7 600 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га.}$
 $W_0 = 1 050 + 1 500 = 2 550 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га,}$
 $W_2 = 1 450 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га.}$
 $10P_2 = 500 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га.}$

Схема поливов:

2—5—1;

 Баланс: $K \cdot A = M_{\text{нетто}}^{\text{всего}} + 10P_2 + W_0 - W_2 = 7 600 = 6 000 + 500 + 2 550 - 1 450.$

После подробного анализа и сравнения расчетных данных с опытом и практикой необходимо внести соответствующие поправки в расчетные нормы и сроки поливов.

Отмечая ориентировочный характер приведенных расчетов, следует указать, что для получения более точных данных необходима постановка исследований как в опытных, так и в хозяйственных условиях.

§ 23. Техника составления графиков гидромодуля

При проектировании для определения расчетных расходов и размеров оросительных каналов служат расчетные графики гидромодуля.

Для построения расчетного графика гидромодуля (нетто) необходимо иметь:

1) процентный состав культур на той площади, для которой составляется график гидромодуля (например, колхоза или отдельного севооборота);

2) поливные и оросительные нормы культур (расчетные);

3) сроки поливов и поливные периоды культур (расчетные).

График гидромодуля (нетто) составляется из расчета потребления воды одним средним гектаром действительно орошаемой площади (нетто).

При таком условии ординаты графика гидромодуля (нетто) будут давать характеристику удельного потребления воды одним гектаром поля без учета потерь воды в оросительной системе.

Для получения расхода непрерывно действующего канала необходимо ординату графика умножить на площадь, орошающуюся данным каналом, т. е. $Q_{\text{нетто}} = q \cdot \omega$ л/сек. на гектар, если q выражено в литрах в 1 секунду, а ω — в гектарах.

Размеры гидромодуля вычисляются по формуле

$$q = \frac{\alpha \cdot m}{8640 \cdot t} :$$

Здесь: q — периодический гидромодуль в литрах в секунду;

m — поливная норма-брутто в кубометрах на гектар;

α — процент площади, занимаемой культурой (по отношению ко всей площади севооборота);

t — поливной период в сутках.

Проектные поливные периоды культур зависят, главным образом, от пределов возможного удлинения периода одного и того же полива в колхозе и на системе (без понижения урожая культуры) и от трудовых ресурсов колхоза. Значительное удлинение поливных периодов может создать пестрое увлажнение почвы и этим самым неравномерный и пестрый рост и созревание культур; большое же укорочение поливных периодов повышает размеры пропускной способности каналов и может создавать сильное напряжение рабочей силы в колхозе.

В каждом конкретном случае необходимо определять рациональные поливные периоды, считаясь с требованиями посева, роста и уборки культуры.

Поливные периоды определяются на основе следующих условий. Предпосевной полив должен быть строго согласован с расчетным плановым периодом посева культуры. Первые 1—2 полива должны иметь продолжительность, близкую к продолжительности посевного периода. Удлинение последующих поливных периодов возможно лишь такое, при котором в крайние сроки каждого поливного периода почвенная влажность не достигает недопустимых минимальных запасов. Продолжительность вегетационных поливных периодов ориентировочно принимается: хлопчатник — 8—15 суток, зерновые — 6—8 суток для первых поливов и 10—14 суток для последних, для овощных куль-

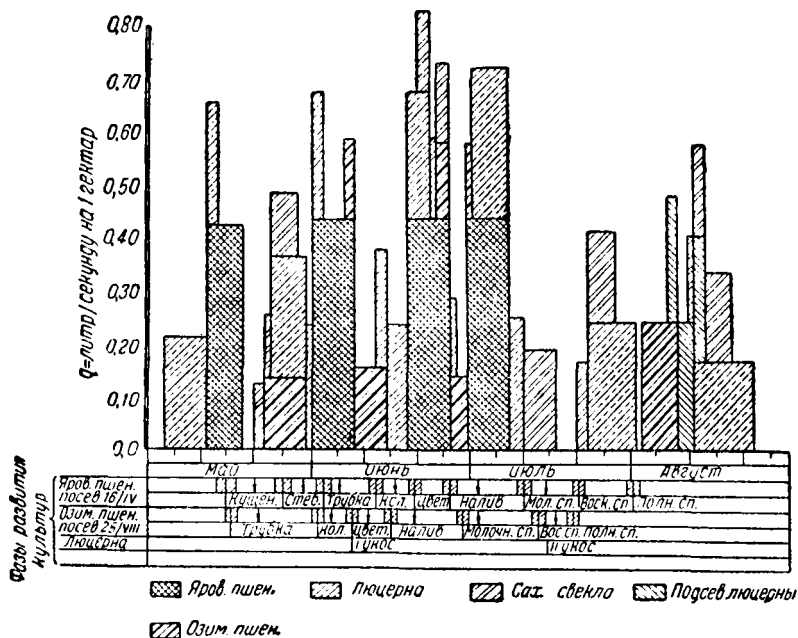


Рис. 15. Неукomплектованный график гидромодуля пшенично-люцернового севооборота.

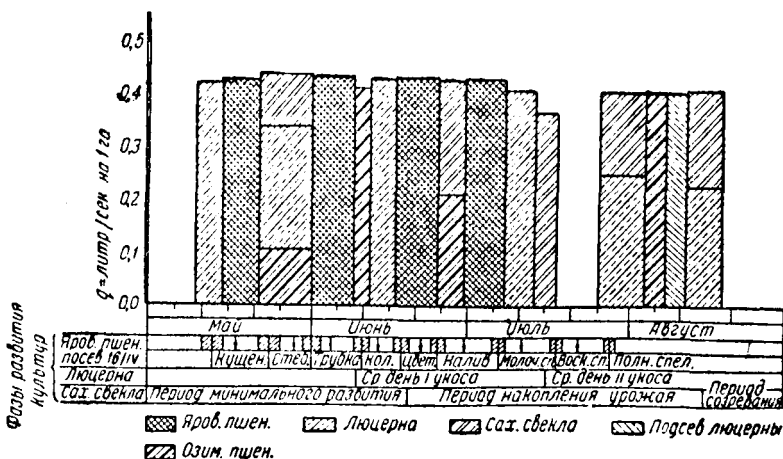


Рис. 16. Укомплектованный график гидромодуля пшенично-люцернового севооборота.

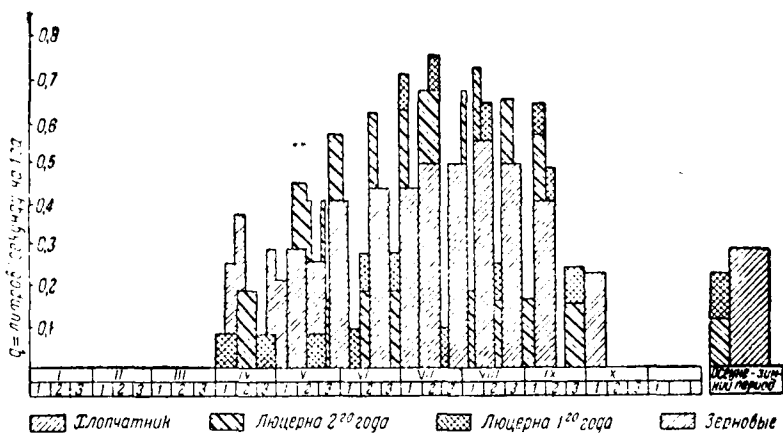


Рис. 17. Неукомплектованный график гидро модуля хлопково-люцернового севооборота.

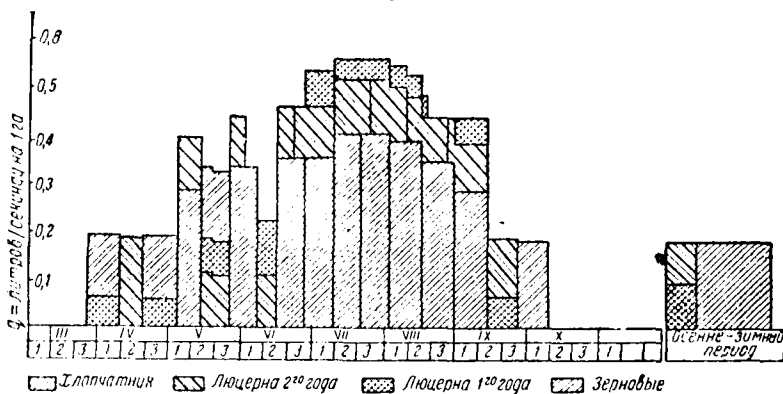


Рис. 18. Укомплектованный график гидро модуля хлопково-люцернового севооборота.

тур — 7—10 суток, для трав — 10—15 суток. Продолжительность запасных и промывных поливов устанавливается, исходя из условий работы системы и плана с.-х. работ.

Межполивные периоды определяются сроками поливов.

Графики гидро модуля (нетто) составляются для каждого хозяйства и для каждого расчетного состава культур и севооборота и для основных расчетных лет. График системы является интегральным, суммирующим графиком отдельных хозяйств.

Графики гидро модуля составляются двух видов: сначала составляются неукомплектованные графики гидро модуля (рисунки 15 и 17), а затем укомплектованные графики гидро модуля (рис. 16 и 18).

При укомплектовании графиков гидро модуля преследуются задачи возможного выравнивания ординат графика гидро модуля и увязки его с требованиями режима источника орошения, с требованиями кривой

Таблица к неукомплектованному графику гидромодуля зернового севооборота

Наименование культур	Процент площади, занятой культурой α	№ полива	Поливные нормы (л м ³ на 1 га)	Оросительная норма (в кубометрах на гектар)	Сроки поливов		Средний день полива	Поливной период (t суток)	Межполивной период (τ суток)	Ординаты гидромодуля $q = \frac{\alpha \cdot m}{8640t}$ л/сек.
					от	до				
1. Яровая пшеница	42,8	1	600	2 700	12/V	18/V	15/V	7	21	0,426
		2	700		1/VI	8/VI	5/VI	8		0,434
		3	700		19/VI	26/VI	23/VI	8		0,434
		4	700		30/VI	7/VII	3/VII	8		0,434
2. Озимая пшеница	14,3	1	650	3 050	23/V	30/V	26/V	8	15	0,134
		2	750		7/VI	14/VI	10/VI	8		0,155
		3	650		24/VI	1/VII	27/VI	8		0,134
		01	1 000		3/VIII	9/VIII	5/VIII	7		0,237
3. Люцерна	28,6	1	650	4 050	4/V	13/V	8/V	10	20	0,216
		2	700		24/V	2/VI	28/V	10		0,232
		3	750		13/VI	22/VI	17/VI	10		0,232
		4	750		1/VII	10/VII	5/VII	10		0,248
		5	700		23/VII	1/VIII	27/VII	10		0,232
		6	500		13/VIII	22/VIII	17/VIII	10		0,166
4. Сахарная свекла	14,3	1	600	3 800	20/V	27/V	24/V	8	31	0,124
		2	650		20/VI	27/VI	24/VI	8		0,134
		3	900		10/VII	17/VII	13/VII	8		0,186
		4	850		20/VII	27/VII	24/VII	8		0,176
		5	800		12/VIII	19/VIII	16/VIII	8		0,165
5. Подсев люцерны	14,3	1	1 000	1 000	8/VIII	14/VIII	10/VIII	7		0,237

Таблица к укомплектованному графику гидромодуля зернового севооборота

Наименование культур	Процент площади, занятой культурой α	№ полива	Поливные нормы (л м ³ на 1 га)	Оросительная норма (в кубометрах на 1 га)	Сроки поливов		Средний день полива	Поливной период (t суток)	Межполивной период (τ суток)	Ординаты гидромодуля $q = \frac{1 \cdot \pi}{8640 \cdot t}$ л/сек.
					от	до				
1. Яровая пшеница	42,8	1	600	2 700	15/V	31/V	18/V	7		0,426
		2	700		1/VI	8/VI	5/VI	8	18	0,434
		3	700		17/VI	24/VI	20/VI	8	15	0,434
		4	700		30/VI	7/VII	4/VII	8	14	0,434
2. Озимая пшеница	14,3	1	650	2 050	22/V	31/V	26/V	10		0,108
		2	750		9/VI	11/VI	10/VI	3	15	0,414
		3	650		25/VI	29/VI	27/VI	5	17	0,216
		01	1 000		4/VIII	7/VIII	5/VIII	4	39	0,414
3. Люцерна	28,6	1	650	4 050	10/V	14/V	12/V	5		0,430
		2	700		22/V	31/V	26/V	10	14	0,232
		3	650		12/VI	16/VI	14/VI	5	19	0,430
		4	750		8/VII	13/VII	10/VII	6	26	0,413
		5	700		26/VII	3/VIII	30/VII	9	21	0,257
		6	600		12/VIII	19/VIII	15/VIII	8	15	0,248
4. Сахарная свекла	14,3	1	600	3 800	22/V	31/V	26/V	10		0,090
		2	650		25/VI	29/VI	27/VI	5	32	0,215
		3	900		14/VII	17/VII	15/VII	4	18	0,372
		4	850		25/VII	2/VIII	29/VII	9	16	0,156
		5	800		12/VIII	18/VIII	15/VIII	7	15	0,189
5. Подсев люцерны	14,3	1	1 000	1 000	8/VIII	11/VIII	9/VIII	4		0,414

$$\text{Средняя оросительная норма } M_{cp} = \frac{\alpha_1 M_1 + \alpha_2 M_2 + \alpha_3 M_3 + \alpha_4 M_4 + \alpha_5 M_5}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}$$

$$\frac{42,8 \cdot 2700 + 14,3 \cdot 3050 + 28,6 \cdot 4050 + 14,3 \cdot 3800 + 14,3 \cdot 1000}{42,8 + 14,3 + 28,6 + 14,3} = \frac{343640}{100} = 3436,4 \text{ м}^3 \text{ на 1 га.}$$

Максимальная расчетная ордината графика гидромодуля $q_{\max} = 0,434$ л/сек. на 1 га.

П р и л о ж е н и е. При укомплектовании графика гидромодуля соблюдалось условие: средние дни поливов яровой и озимой пшеницы сдвигались не больше как на 3 суток, а средние дни поливов люцерны и сахарной свеклы — не больше как на 5 суток.

Таблица к неуконплектованному графику гидромодуля хлопково-люцернового севооборота

Наименование культуры	Процент площади, занятой культурой α		Поливная норма (m^3 на 1 га)	Оросительная норма ($M m^3$ на 1 га)	Средний день полива	Поливной период		Длина поливного периода (t суток)	Длина межполивного периода (τ суток)	Ордината гидромодуля $q = \frac{\alpha \cdot M}{8640 \cdot \tau}$ л/сек.	Примечания
	№ полива					от	до				
Хлопчатник	50	01	1 000	6 900+1 000	Осенне-зимний период			20		0,290	
	50	1	500		10/V	6/V	15/V	10	22	0,290	
	50	2	700		1/V	27/V	5/VI	10	19	0,405	
	50	3	750		20/VI	16/VI	25/VI	10	15	0,434	
	50	4	750		5/VII	1/VII	10/VII	10	11	0,434	
	50	5	850		16/VII	11/VII	20/VII	10	14	0,492	
	50	6	850		30/VII	25/VII	3/VIII	10	11	0,492	
	50	7	950		10/VIII	6/VIII	15/VIII	10	15	0,550	
	50	8	850		25/VIII	21/VIII	30/VIII	10	17	0,492	
	50	9	700	10/IX	6/IX	15/IX	10		0,405		
Люцерна второго и третьего года	20	1	800	7 400+1 000	15/IV	11/IV	20/IV	10		0,186	Сроки укосов люцерны 2-го и 3-го года: I—5/V; II—10/VI; III—12/VII; IV—15/VIII; V—20/IX
	20	2	700		13/V	9/V	18/V	10	28	0,162	
	20	3	700		28/V	25/V	3/VI	10	15	0,162	
	20	4	700		15/VI	11/VI	20/VI	10	18	0,163	
	20	5	800		30/VI	26/VI	5/VII	10	15	0,186	
	20	6	800		17/VII	11/VII	20/VII	10	17	0,186	
	20	7	800		5/VIII	1/VIII	10/VIII	10	19	0,186	
	20	8	700		20/VIII	17/VIII	26/VIII	10	15	0,162	
	20	9	700		5/IX	1/IX	10/IX	10	16	0,162	
	20	10	700		25/IX	21/IX	30/IX	10	20	0,162	
	20	001	1 000		5/XII	1/XII	10/XII	10		0,111	

Полив одного поля,

Наименование культуры	Процент площади, занятой культурой α	№ полива	Поливная норма (m^3 на 1 га)	Оросительная норма (M^3 на 1 га)	Средний день полива	Поливной период		Длина поливного периода (t суток)	Длина межполивного периода (τ суток)	Ордината гидромодуля $q = \frac{\alpha \cdot m}{8640 \cdot t}$ л/сек.	Примечания
						от	до				
Людцерна первого года	10	01	700	6 700+1 000	5/IV	1/IV	10/IV	10	20	0,081	Сроки укосов люцерны 1-го года при посеве бесполовного растения: I—5/VI; II—15/VII; III—1/IX.
	10	01	700		25/IV	21/IV	30/IV	10	20	0,081	
	10	02	700		20/V	16/V	25/V	10	25	0,081	
	10	03	800		10/VI	6/VI	15/VI	10	21	0,093	
	10	04	800		1/VII	26/VI	5/VII	10	21	0,093	
	10	05	800		20/VIII	16/VII	25/VII	10	19	1,093	
	10	06	700		15/III	11/VIII	20/VIII	10	26	0,093	
	10	07	700		10/IX	6/IX	15/IX	10	26	0,081	
	10	08	700		25/IX	21/IX	30/IX	10	15	0,081	
	10	001	1 000		5/VII	1/XII	10/XII	10	15	0,116	
Зерновые	20	01	1 000	2 500+1 000	5/X	1/X	10/X	10	20	0,232	
	20	01	800		10/IV	6/IV	15/IV	10	20	0,186	
	20	02	900		30/IV	26/IV	5/V	10	20	0,209	
	20	03	800		20/V	16/V	25/V	10	20	0,186	

Таблица к укрупнительному графику спорообульа хлопково-люцернового севооборота

Наименование культуры	Процент площади, занятой культурой а	№ полива	Поливная норма (т м³ на 1 га)	Оросительная норма (л м³ на 1 га)	Средний день полива		Длина поливного периода (t суток)	Длина межполивного периода (τ суток)	Ордината гидромодуля $q = \frac{a \cdot m}{8640 \cdot t}$	Примечания	
					от	до					
Хлопчатник . . .	50	01	1 000	— 6 900 ± 1 000 (запасный)	Осенне-зимний период		39	23	0,193		
	50	1	500		10 V	6 V	15 V	10	20		0,1290
	50	2	700		22 VI	28 V	8 V	12	20		0,3338
	50	3	750		22 VI	17 VI	28 VI	12	12		0,301
	50	4	750		4 VII	29 VI	10 VII	12	12		0,361
	50	5	850		16 VII	11 VII	22 VII	12	12		0,410
	50	6	850		28 VII	23 VII	3 VII	12	13		0,410
	50	7	950		10 VIII	4 VIII	17 VIII	14	14		0,393
	50	8	850		24 VIII	18 VIII	31 VIII	14	14		0,351
	50	9	700		7 IX	1 IX	14 IX	14	0,290		
Люцерна 2-го и 8-го года	20	1	800	1 400 ± 1 000		Осенне-зимний период		10	27	0,186	Сроки укосов люцерны 2-го и 3-го года: I—5 V; II—10 VI; III—12 VII; IV—15 VIII; V—20 IX.
		2	700	15 IV	11 IV	20 IV	14	27	0,116		
		3	700	12 V	6 V	19 V	15	15	0,108		
		4	700	27 V	20 V	3 VI	15	20	0,108		
		5	800	16 VI	9 VI	23 VI	15	15	0,109		
		5	800	2 VII	24 VI	10 VII	17	15	0,109		
		6	800	17 VII	11 VII	25 VII	15	16	0,116		
		7	800	2 VIII	12 VIII	11 VIII	16	16	0,116		
		8	700	20 VIII	27 VIII	12 VIII	17	18	0,095		
		9	700	5 IX	29 IX	14 IX	17	16	0,095		
10	700	19 IX	15 IX	27 IX	13	14	0,124				
1001	1 000	6 XII	1 XII	13 XII	13	0,090					

Наименование культур	Процент площади, занятой культурой α	№ полива	Поливная норма (л м³ на 1 га)	Оросительная норма (л м³ на 1 га)	Средний день полива	Поливной период		Длина поливного периода (t суток)	Длина межполивного периода (τ суток)	Ордината гидромодуля $q = \frac{\alpha \cdot m}{8640}$	Примечания
						от	до				
Люцерна 1-го года	10	01	700	6 700+1 000	5 IV	28 III	10 IV	14	22	0,058	Сроки укосов люцерны 1-го года: I—5 VI, II—15 VII; III—1 IX.
		1	700		27 IV	21 IV	5 V	15	0,034		
		2	700		22 V	16 V	27 V	12	0,068		
		3	800		12 VI	9 VI	16 VI	8	0,116		
		4	800		5 VII	29 VI	10 VII	12	0,077		
		5	800		20 VII	11 VII	30 VII	20	0,046		
		6	800		10 VIII	31 VII	19 VIII	21	0,046		
		7	800		7 IX	1 IX	14 IX	14	0,058		
		8	700		19 IX	15 IX	27 IX	13	0,062		
		001	1 000		6 XII	1 XII	13 XII	13	0,090		
Зерновые	20	01	1 000	2 500+1 000	4 X	28 IX	10 X	13	22	0,180	
		1	800		5 IV	28 III	10 IV	14	0,132		
		2	900		27 IV	21 IV	5 V	15	0,139		
		3	800		16 V	27 V	12	25	0,154		

затрат энергии (в механическом орошении), с планами с.-х. работ в колхозах и совхозах.

В каждом отдельном случае укомплектование графиков гидромодуля производится в соответствии с агроэкономическими расчетами. Всякие отклонения при укомплектовании как в нормах, так в особенности в сроках полива должны быть обоснованы соответствующими опытными данными и расчетами. Отклонение расчетных средних дней поливов для основных культур нежелательно допускать более 2—3 дней. Выше приводятся формы неукомплектованного и укомплектованного графиков гидромодуля для зернового семипольного севооборота при следующем составе культур: пшеница яровая 42,8%, пшеница озимая — 14,3%, люцерна — 28,6%, сахарная свекла — 14,3% и для хлопково-люцернового севооборота: хлопчатник — 50%, люцерна — 30%, зерновые — 20% (рис. 15, 16, 17, 18).
Соответствующие таблицы к графикам приведены на стр. 72—77.

Г Л А В А V

СХЕМЫ ВОДОЗАБОРА

(ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ)

§ 24. Водозабор в оросительной системе

В ирригации схема питания магистральных каналов зависит в значительной степени от источников питания,

этими последними могут являться:

- I. Естественные открытые водоемы:
 - 1) реки — равнинные и горные,
 - 2) озера.
- II. Подземные воды:
 - 1) родниковые воды;
 - 2) грунтовые воды.
- III. Атмосферные воды:
 - 1) талые снеговые воды;
 - 2) ливневые воды.

В зависимости от естественно-бытовых условий самого источника, топографии местности, условий трассирования магистрального канала, расположения и характера орошаемых площадей и пр. способы подачи воды в магистральные каналы могут быть различны. В основном они по указанным источникам питания сводятся к следующим:

- I. Использование естественных открытых водоемов:
 - 1) самотечный (бесплотинный) способ водозабора (рис. 19),
 - 2) шпорный (с захватной дамбой) (рис. 20),
 - 3) плотинный (рис. 21),
 - 4) механический (рис. 22).
- II. Использование подземных вод:
 - 1) самотечный способ с применением собирательных траншей (кяризы в Туркмении) и каптажей (рис. 23, 24),
 - 2) механический (рис. 25).
- III. Использование атмосферных вод:
 - 1) механический способ.

Системы водозаборных узлов (головных устройств) каналов чрезвычайно разнообразны в практике ирригации, обводнения и водоснабжения и с развитием гидротехники все время пополняются новыми конструкциями. В настоящее время системы водозабора могут быть сведены к следующим основным схемам по отдельным источникам питания.

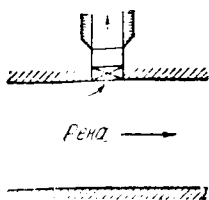


Рис. 19.

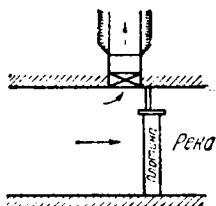


Рис. 21.

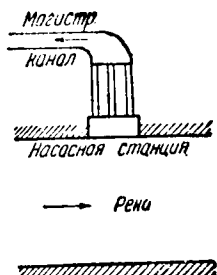


Рис. 22.

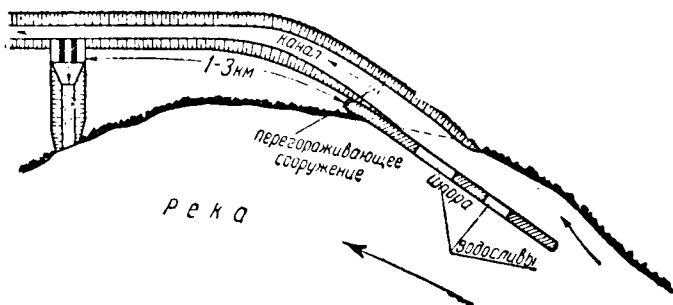


Рис. 20.



Рис. 23.

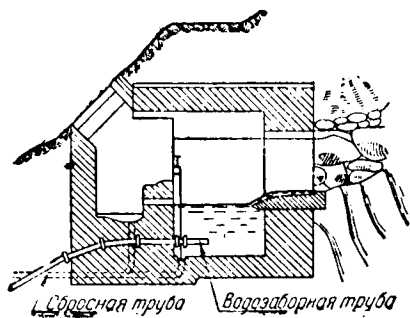


Рис. 24.

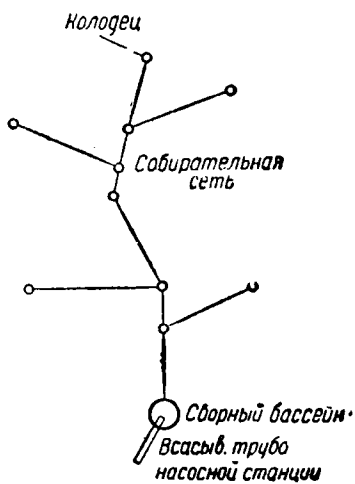


Рис. 25.

§ 25. Схемы водозабора из естественных открытых водоемов

А. Самотечный способ подачи воды (бесплотинный)

1) Открытый канал без сооружений в голове. Примерами подобных отводов воды может служить отвод из нижней Аму-Дарьи в канал Пахта-Арна.

2) Несколько голов канала без сооружений на них на случай заноса наносами (рис. 26). К таковым относится голова канала Палван, берущего воду для Хорезмского оазиса.

3) В голове канала — сооружение открытого типа (регулятор), когда необходимо достаточно точное регулирование расхода воды в канале (рис. 27). Примерами могут служить некоторые водозаборы из р. Сыр-Дарьи.

4) Перед сооружением — вспомогательная дамба для создания поперечной циркуляции перед входом в канал в целях борьбы с донными наносами (рис. 28).

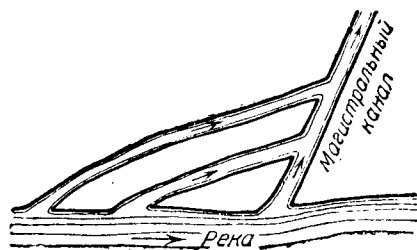


Рис. 26.

Примером применения подобной схемы является водозабор в один из магистральных каналов Ферганы.

5) Перед входом в канал — направляющие системы проф. Потапова в целях борьбы с донными наносами (рис. 29).

6) Спиралевидная камера перед входом в канал для частичного осаждения взвешенных наносов и привлечения (путем поперечной циркуляции) донных наносов к центру, где

располагается донное промывное отверстие (рис. 30). Подобная схема была испытана на моделях и в производстве еще не применялась.

Б. Шпорный способ водозабора

1) С продольной захватной дамбой вдоль берега, применяемой при неопределенности горизонта воды в месте отвода канала (см. рис. 20). Подобный водозабор широко распространен как местный способ отвода воды в Средней Азии и в Закавказье.

2) С захватной дамбой, перегораживающей русло вкось (частично или полностью), применяемой при неопределенности забора необходимого расхода воды. Примером является один из водозаборов на р. Чирчик в канал Боз-Су.

В. Плотинный способ водозабора

В₁. Водозабор из горных рек. 1) Тирольский тип (рис. 31). Подобный тип применен у нас на Кавказе с некоторыми конструктивными изменениями и в ряде случаев при мелком гидросиловом строительстве.

2) Открытый регулятор с промывным шлюзом в плотине без отдельной стенки (см. рис. 21) применяется при малых размерах забираемого расхода и нешироких регуляторах и при небольшом количестве наносов в потоке, особенно донных.

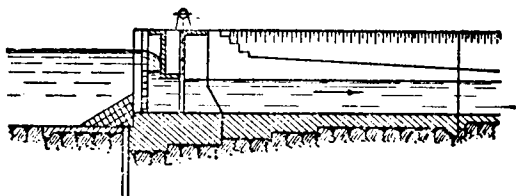
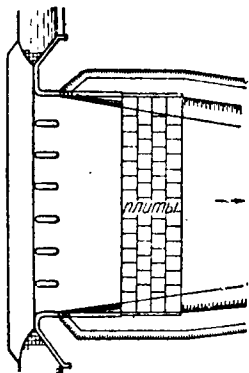


Рис. 27.

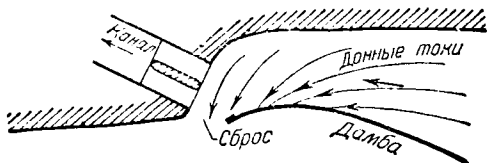


Рис. 28.

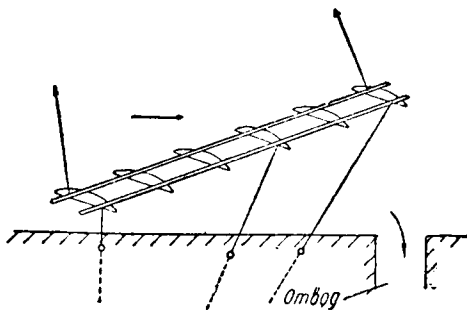


Рис. 29.

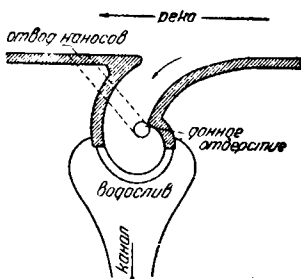


Рис. 30.

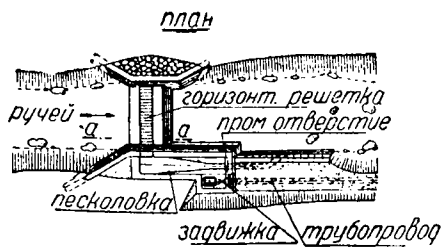
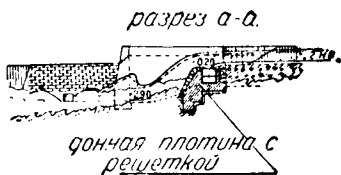


Рис. 31.



§ 25. Схемы водозабора из естественных открытых водоемов

А. Самотечный способ подачи воды (бесплотинный)

1) Открытый канал без сооружений в голове. Примерами подобных отводов воды может служить отвод из нижней Аму-Дарьи в канал Пахта-Арна.

2) Несколько голов канала без сооружений на них на случай заноса наносами (рис. 26). К таковым относится голова канала Палван, берущего воду для Хорезмского оазиса.

3) В голове канала — сооружение открытого типа (регулятор), когда необходимо достаточно точное регулирование расхода воды в канале (рис. 27). Примерами могут служить некоторые водозаборы из р. Сыр-Дарьи.

4) Перед сооружением — вспомогательная дамба для создания поперечной циркуляции перед входом в канал в целях борьбы с донными наносами (рис. 28).

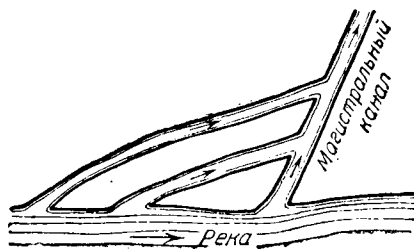


Рис. 26.

Примером применения подобной схемы является водозабор в один из магистральных каналов Ферганы.

5) Перед входом в канал — направляющие системы проф. Потапова в целях борьбы с донными наносами (рис. 29).

6) Спиралевидная камера перед входом в канал для частичного осаждения взвешенных наносов и прिवлечения (путем поперечной циркуляции) донных наносов к центру, где

располагается донное промывное отверстие (рис. 30). Подобная схема была испытана на моделях и в производстве еще не применялась.

Б. Шпорный способ водозабора

1) С продольной захватной дамбой вдоль берега, применяемой при неопределенности горизонта воды в месте отвода канала (см. рис. 20). Подобный водозабор широко распространен как местный способ отвода воды в Средней Азии и в Закавказье.

2) С захватной дамбой, перегораживающей русло вкось (частично или полностью), применяемой при неопределенности забора необходимого расхода воды. Примером является один из водозаборов на р. Чирчик в канал Боз-Су.

В. Плотинный способ водозабора

В₁. Водозабор из горных рек. 1) Тирольский тип (рис. 31). Подобный тип применен у нас на Кавказе с некоторыми конструктивными изменениями и в ряде случаев при мелком гидросиловом строительстве.

2) Открытый регулятор с промывным шлюзом в плотине без отдельной стенки (см. рис. 21) применяется при малых размерах забираемого расхода и нешироких регуляторах и при небольшом количестве наносов в потоке, особенно донных.

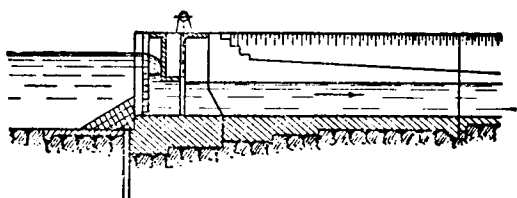
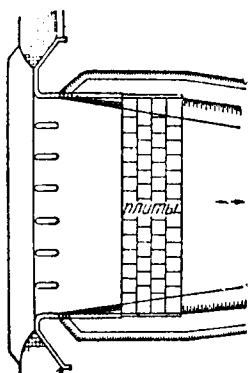


Рис. 27.

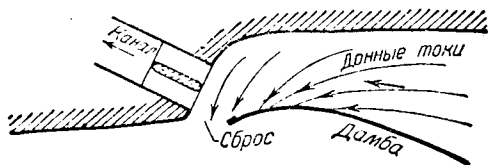


Рис. 28.

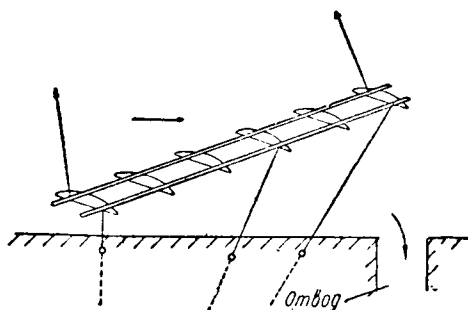


Рис. 29.

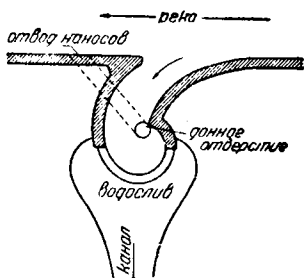


Рис. 30.

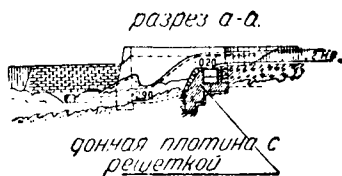
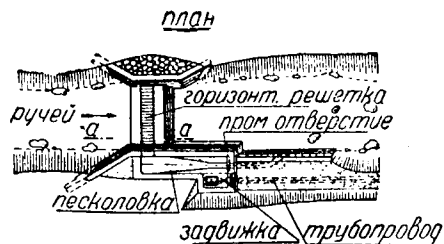


Рис. 31.

3) То же с раздельной стенкой (карманом) — индийский тип (рис. 32), применяемый при широких регуляторах, значительном влечении донных наносов и значительном содержании крупных взвешенных наносов (песка).

4) Водосливной тип, применяемый при значительном подпоре на плотине, когда требуется большая высота порога из-за наносов. Колебания

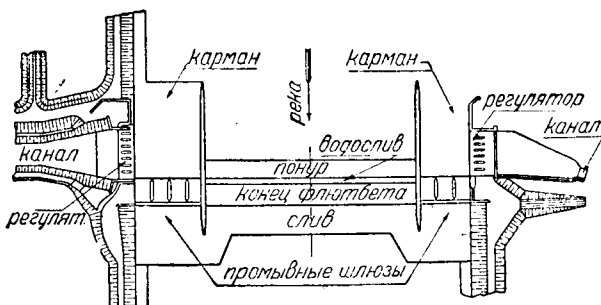


Рис. 32.

уровня в верхнем бьефе должны быть незначительными (до 1,0—2,0 м). Водозабор с очень высоким порогом в виде водослива осуществлен на Земоавчальской гидростанции.

5) С донными промывными каналами в пороге регулятора, со щитами в них или без щитов. Галереи без щитов применяются редко, так как требуют наличия постоянного значительного излишка расхода воды.

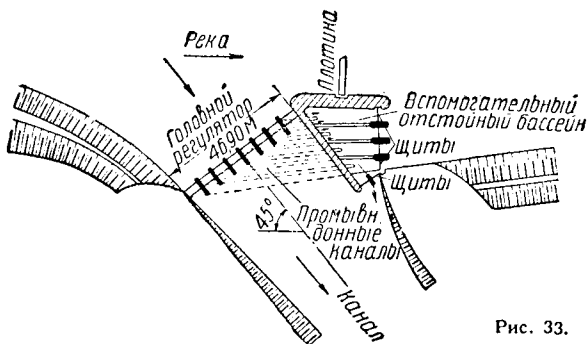


Рис. 33.

а) Тип средне-азербайджанский при расположении водоприемника в берегу реки (рис. 33). Такой водоприемник имеет один из каналов на Северном Кавказе.

б) Тип Эльсденковский (рис. 34) при расположении водоприемника в русле вдоль плотины. Аналогичный водоприемник осуществлен в Киргизской ССР. При этом карман впереди водозаборного сооружения разделен на секции соответственно числу пролетов регулятора.

в) С гравелировкой перед регулятором (рис. 35). Применяется при значительном количестве крупных наносов в потоке (гравий, галька) и при

наличии во время хода этих наносов дополнительного расхода воды на промывку их. Такой водозабор имеется в голове одного из каналов на Кавказе при водозаборе для гидростанции, но форма гравиеловок в плане в этих сооружениях не соответствует условиям отвода воды, а потому указанные головные устройства здесь не оправдывают своего назначения.

7) Водозабор непосредственно в отстойник, совмещенный с регулятором.

а) Водоприемник на берегу (рис. 36). Применяется, когда плотина обеспечивает смыв отложившихся перед широким входом наносов или при устройстве одновременно во входном пороге донных промывных каналов, как это имеет место в водозаборе некоторых гидростанций.

б) Водоприемник в теле плотины (в реке) (см. рис. 37). Применим при достаточно большом напоре на плотине, обеспечивающем промывку отдельных камер отстойника. Подобное этому расположение осуществлено в голове одного канала на Кавказе.

В случаях 2, 3, 4, 5 и 6 при водозаборе из горных рек возможно применение еще направляющих проф. Потапова в целях борьбы с донными наносами.

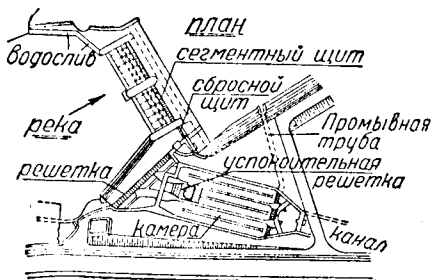


Рис. 36.

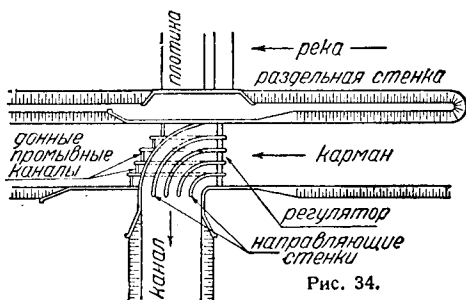


Рис. 34.

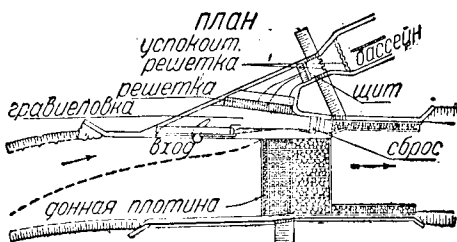


Рис. 35.

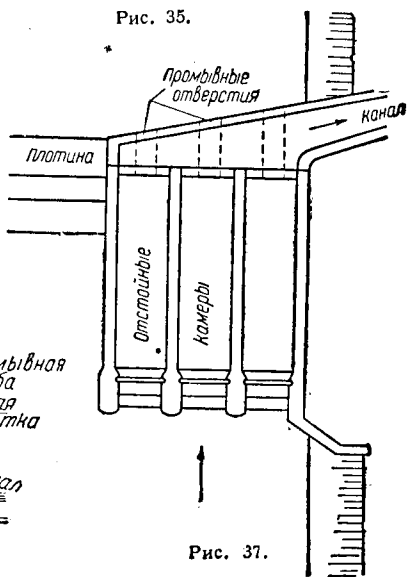


Рис. 37.

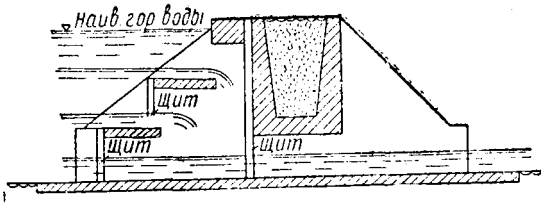


Рис. 38.

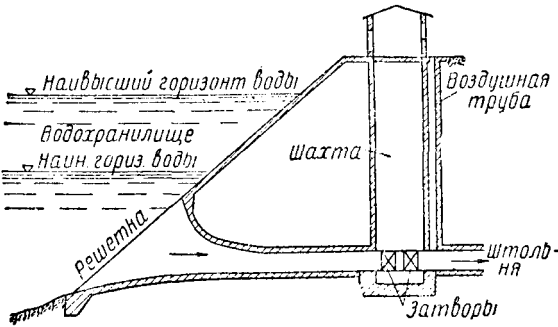


Рис. 39.

В₂. Водозабор из равнинных рек. 1) Открытый тип регулятора.

а) Обычный регулятор с порогом, применяемый при небольшом колебании уровня в верхнем бьефе и незначительном количестве наносов (см. рис. 27).

б) Многоступенчатый регулятор (рис. 38), применяется при значительных колебаниях уровня в верхнем бьефе и при значительном количестве донных и взвешенных наносов в паводок.

2) Водосливной тип.

3) С донными промывными каналами в пороге регулятора.

4) Водозабор непосредственно в отстойник, совмещенный с регулятором.

В₃. Водозабор из водохранилищ и озер. При небольшом колебании уровня воды (3—5 м) возможно применение 1-го, 2-го и 4-го типов систем водозабора из равнинных рек.

При значительных колебаниях уровня в источнике питания применяются системы с подачей воды в напорную штольню или трубопровод.

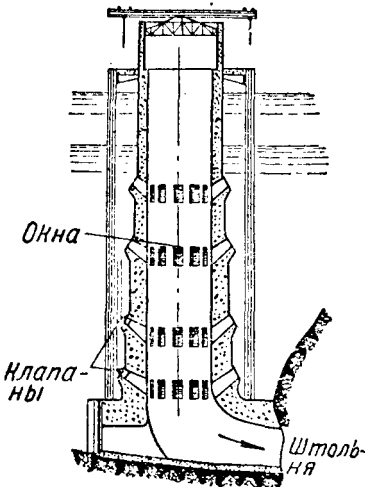


Рис. 40.

1. Шахтная система водоприемника, в которой все управление затворами, а иногда и решетками, сосредоточено в специальной шахте, устраиваемой на берегу реки (рис. 39). При большой высоте берега над уровнем воды шахта делается наклонной и служит только для сообщения с подземной камерой управления.

2. Башенная система, требующая прочного основания и применяемая особенно удачно при значительном заглублении штольни по отношению

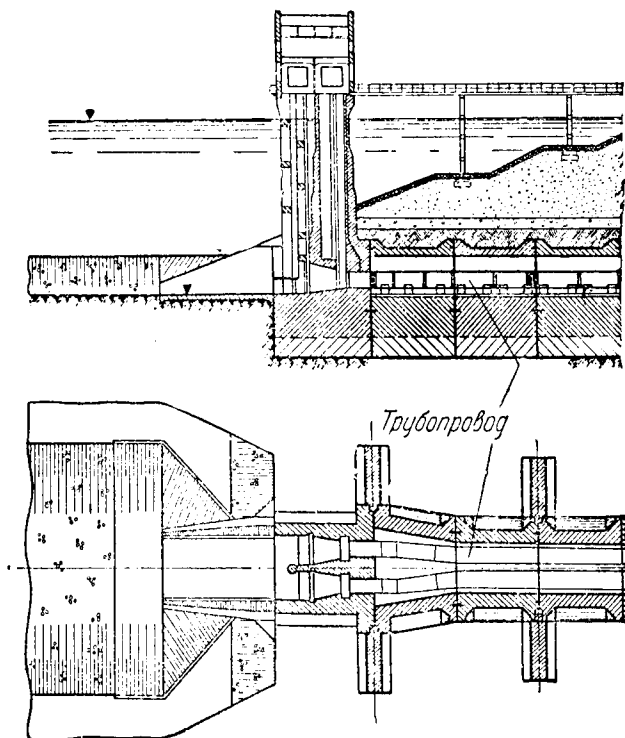


Рис. 41.

к водоприемным отверстиям, а также при значительной засоренности источника питания наносами и мусором.

а) Многоярусная башня (рис. 40).

б) Одноярусная башня (рис. 41).

в) Водоприемная башня, совмещающая в себе водоспуск, а также иногда и сброс (рис. 42). Примером подобного водозабора является водоприемник одной из наших гидростанций.

Детально по вышеуказанным водозаборным устройствам на естественных открытых водоемах — см. специальную главу «Водозаборные устройства» в т. IV.

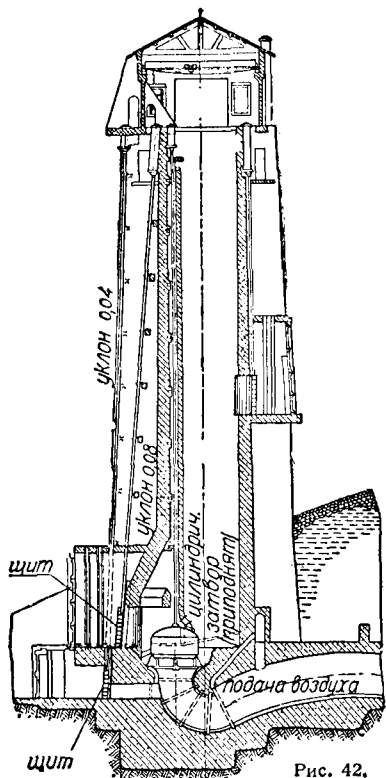


Рис. 42.

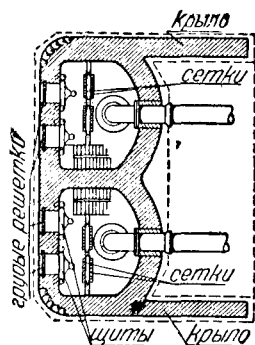
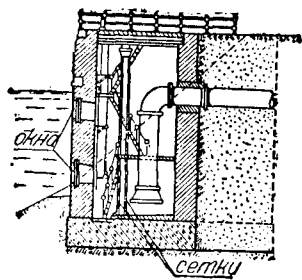


Рис. 44.

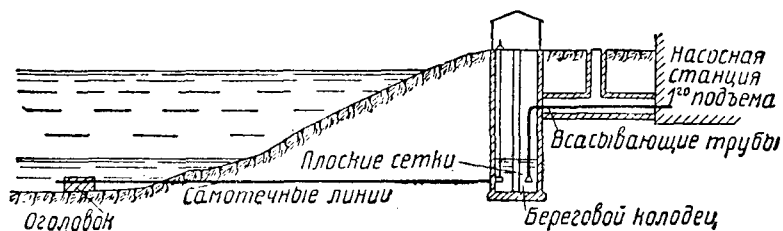


Рис. 43.

Г. Механический способ подачи воды

1. Водоподъемники насосных станций.

а) С самотечным водозабором и береговым колодцем (рис. 43), применяемые при малой глубине у берега.

б) Колодцы, забирающие воду непосредственно из реки через окна (рис. 44), применяемые при достаточной глубине воды у берега,

в) Станция расположена непосредственно на берегу источника питания или в самом источнике (рис. 45).

Такая схема получила за последнее время большое распространение.

г) Пловучая станция (рис. 46), применяемая при значительных колебаниях уровня в источнике питания.

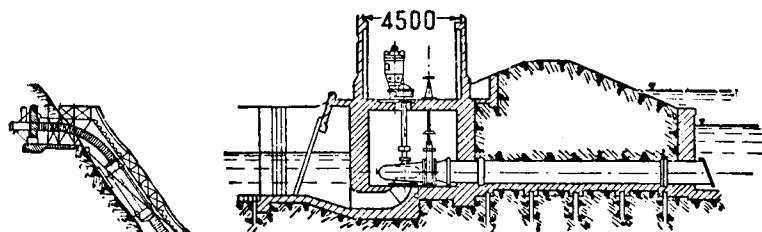


Рис. 45.

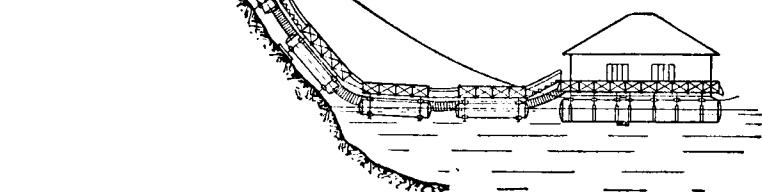


Рис. 46.

д) Водозабор насосной станцией из ковша-отстойника (рис. 47), целесообразно применяемый в целях борьбы с наносами и шугой. (Детально по водоприемникам насосных станций — см. раздел Водоснабжение).

2. Мелкие, примитивные, подъемные механизмы с водозабором непосредственно из источника питания.

- а) Нории (рис. 48).
- б) Гидравлические тараны (рис. 49).
- в) Гидропульсоры (рис. 50).
- г) Водоподъемные колеса (рис. 51).

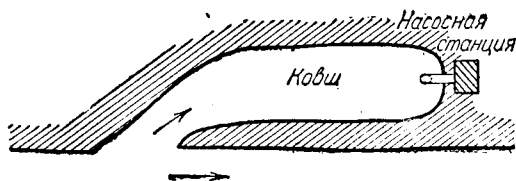


Рис. 47.

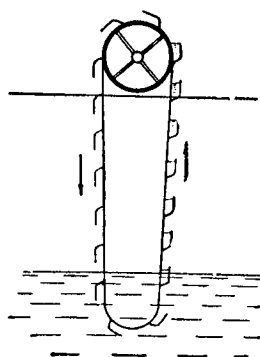


Рис. 48.

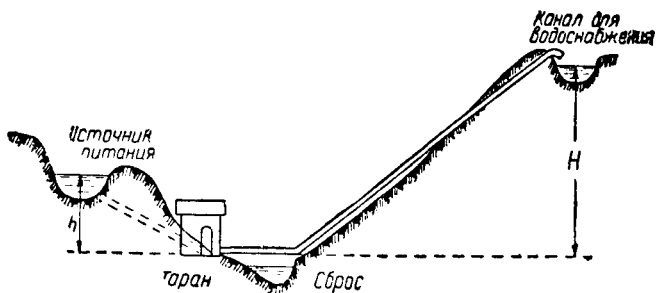


Рис. 49.

h - рабочий напор
 H - высота подачи

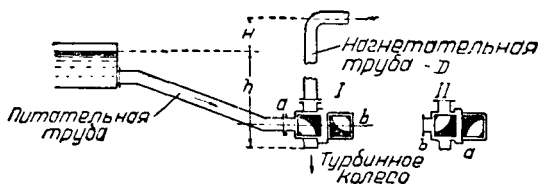


Рис. 50.

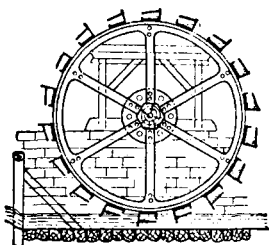


Рис. 51.

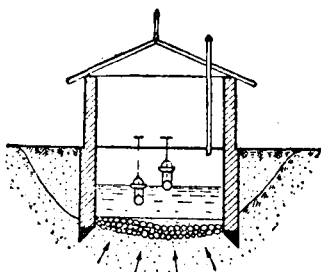


Рис. 52.

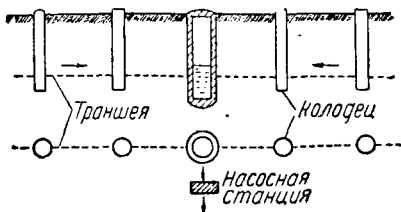


Рис. 53.

§ 26. Схемы водозабора подземных вод

А. Родниковые воды

1. Каптаж ключей.

а) Равнинные каптажи (рис. 52).

б) Склонные каптажи (рис. 24).

Б. Грунтовые воды

Способы подачи воды: самотечный и механический.

Способы сбора воды: горизонтальный водосбор — траншеи (рис. 53) и вертикальный водосбор — колодцы (рис. 54).

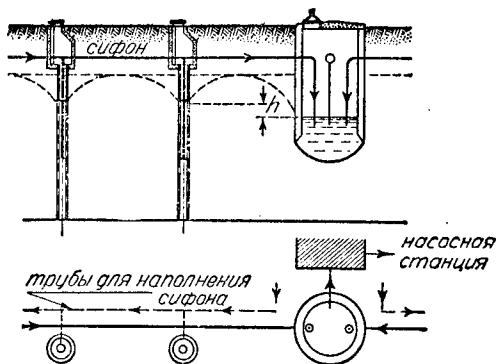


Рис. 54.

§ 27. Схемы водозабора атмосферных вод

Атмосферные воды для ирригации собираются в водоемах, создаваемых в оврагах и логах посредством небольших земляных плотин. Поэтому водоприемники ирригационных магистральных каналов в данном случае чаще имеют вид водовыпуска через тело земляной плотины. При этом водовыпуски могут быть шахтного (см. рис. 39) и башенного (рис. 41) типов. Водовыпуски в данном случае должны иметь приспособления для достаточно точного регулирования расхода воды при большой относительно разности уровней в водохранилище и в магистральном канале.

ГЛАВА VI

ХОЛОСТАЯ ЧАСТЬ МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА

§ 28. Назначение магистрального канала

Магистральный канал транспортирует воду из источника орошения до орошаемых земель.

Одновременно с этим магистральный канал используется и для других водохозяйственных целей: водоснабжение, получение гидроэнергии.

Магистральный канал разделяется на две части: 1) холостую и 2) рабочую.

1. Холостая часть имеет чисто-транзитное назначение, следовательно, она только транспортирует воду, но не распределяет ее. Поэтому концом холостой части канала следует считать место первого вывода, вне зависимости от того, будет ли вывод самотечным или при помощи механического водоподъема. На холостом участке выделяется головной участок, где осуществляются мероприятия по борьбе с наносами.

2. На рабочем участке магистрального канала производится водоотдача и водораспределение.

§ 29. Основные схемы направления трассе магистрального канала

По характеру рельефа все орошаемые массивы могут быть разделены на следующие типы:

- 1) предгорный,
- 2) долинный,
- 3) дельтовый,
- 4) водораздельный.

1. Предгорный тип рельефа встречается в верховьях рек. Горизонталы местности идут в направлении, перпендикулярном (или близком к перпендикулярному) к течению реки. Этому типу рельефа свойственно глубокое залегание грунтовых вод, наличие галечников и крупнозернистых песчаных отложений.

Холодная часть магистрального канала трассируется в направлении горизонталей, рабочая часть — по середине массива нормально горизонталям (рис. 55).

Крутое падение местности, подлежащей орошению, создает благоприятные условия для утилизации гидроэнергии, как на магистральном канале, так и на сбросах из магистрального канала в пределах холмистой его части.

Следует отметить, что река в верховьях несет значительное количество наносов, поэтому для борьбы с ними необходимо предусмотреть специальные конструкции головных сооружений и отстойники на канале.

2. Долинный тип рельефа характерен

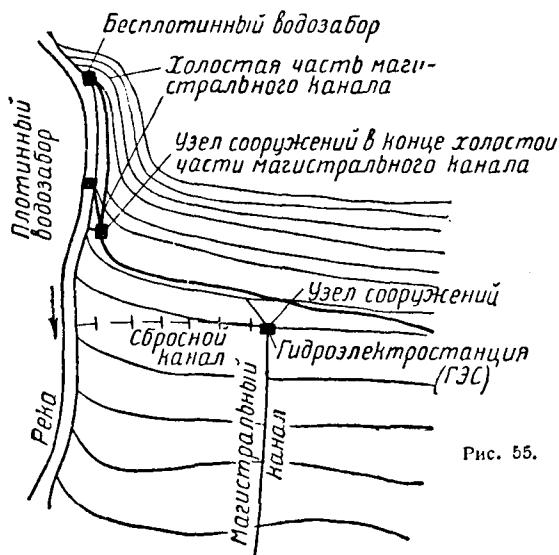


Рис. 55.

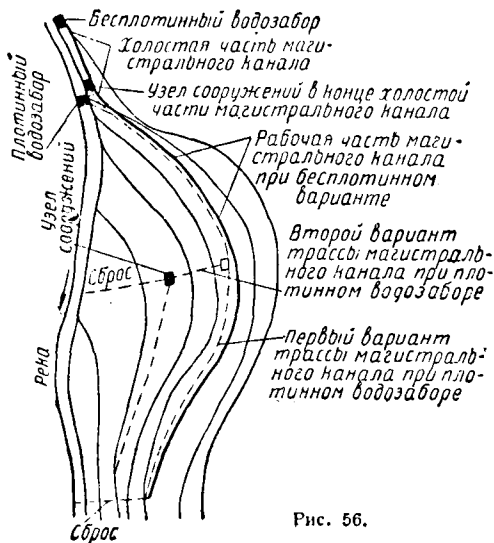


Рис. 56.

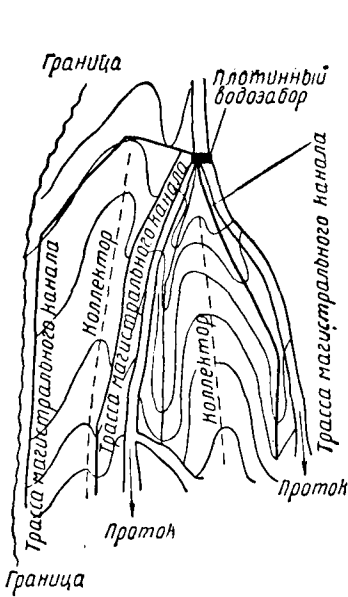


Рис. 57.

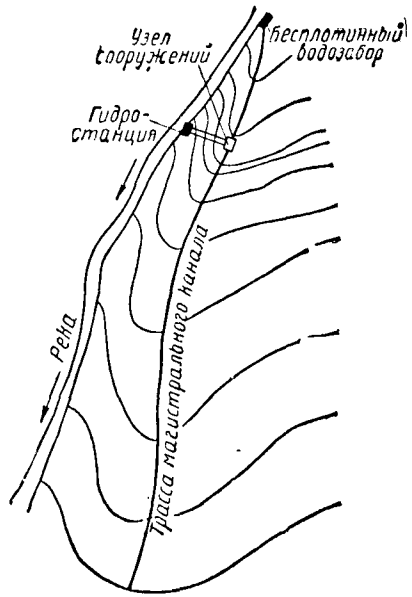


Рис. 58.

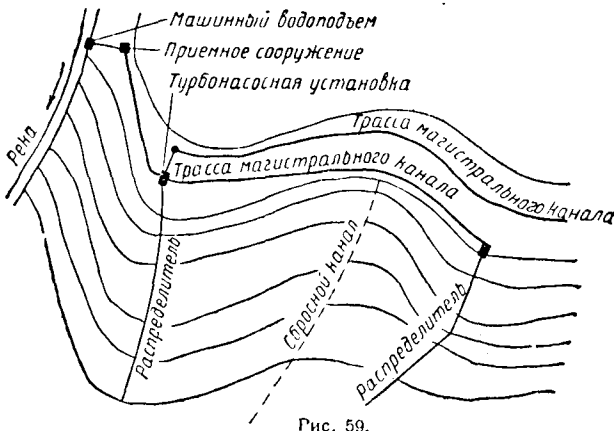


Рис. 59.

для районов, лежащих вдоль среднего течения реки. Горизонтали местности в основном идут почти параллельно реке. Падение местности различное — оно больше у окаймляющих массив высот и уменьшается по направлению к реке. Грунтовые воды расположены на различной глубине:

Магистральный канал, благодаря малому уклону реки, имеет холостую часть и трассируется с возможно малыми уклонами по верхней границе орошаемого массива в направлении горизонталей местности (рис. 56):

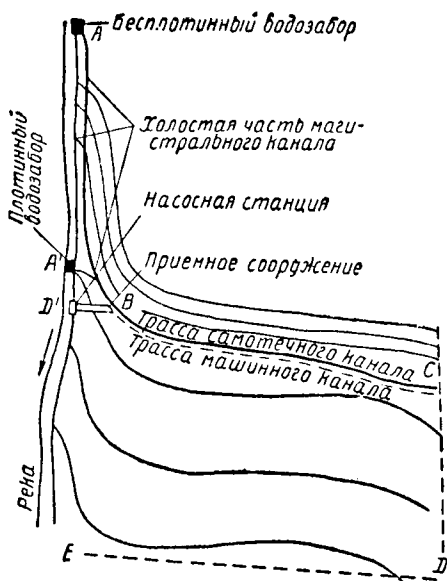


Рис. 60.

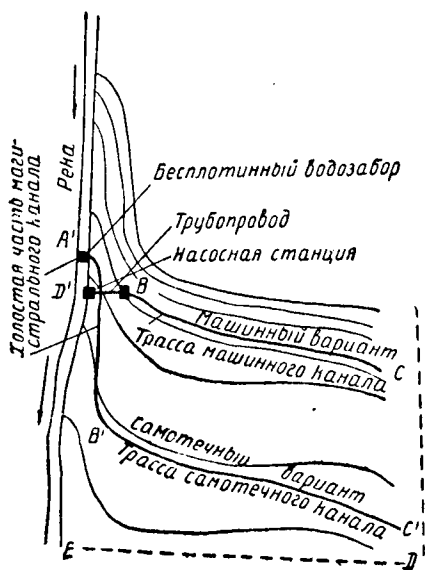


Рис. 61.

В целях получения гидроэнергии на магистральном канале разбивка сети может быть принята иной: магистральный канал, дойдя примерно до середины массива, трассируется нормально горизонтальям. Кроме того, гидроэнергия может быть получена и на сбросе из холостой части магистрального канала при пересечении последним естественного оврага или бокового русла. Вода в реке на этом участке содержит значительное количество взвешенных и донных наносов, но меньшей крупности, чем в верховьях.

3. Дельтовый тип рельефа характерен для нижнего течения реки. Горизонталь местности имеют направление, параллельное течению реки, но местность падает не к реке, а от реки. Микрорельеф характеризуется наличием незначительных западин и возвышений. Магистральный канал трассируется по повышенной части поймы, идущей вдоль реки или вдоль коренного берега, в направлении горизонталей. Длина холостой части незначительная. Условия для утилизации водной энергии неблагоприятны (рис. 57).

4. При рельефе с явно выраженными водоразделами магистральный канал трассируется по главному водоразделу. Холостая часть магистрального канала почти отсутствует (рис. 58).

Если орошаемый массив характеризуется чередованием логов и мелких водоразделов, магистральный канал трассируется почти параллельно горизонтальям, по склонам водоразделов (рис. 59). Магистральный канал в гидроэнергетическом отно-

шении, ввиду малых уклонов, использован быть не может. Использование гидроэнергии возможно в местах сопряжения распределителей с магистральным каналом, где целесообразно предусмотреть турбонасосные установки для орошения земель вне зоны командования магистрального канала.

Ниже в качестве примера приводятся возможные варианты подачи воды для орошений территории BCDE в предположении предгорного типа рельефа (рис. 60).

1. Вся площадь BCDE орошается самотеком из магистрального канала A'BC с головным регулятором в точке A' при плотинном водозаборе, и в точке A — при бесплотинном водозаборе (рис. 60). Магистральный канал при бесплотинном водозаборе имеет длинную холостую часть, тогда как при плотинном водозаборе холостая часть почти отсутствует.

2. Вся площадь BCDE орошается помощью насосной станции, расположенной на реке в точке D', получающей воду по трубопроводу

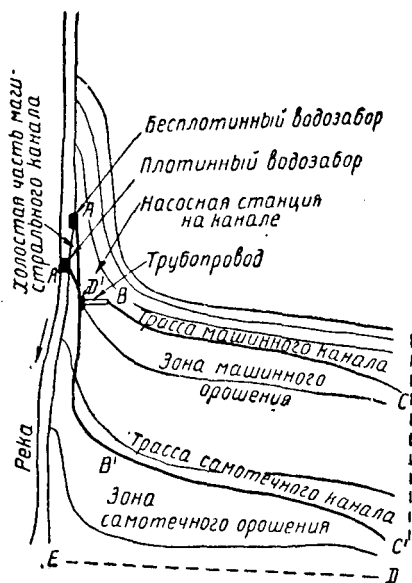


Рис. 62.

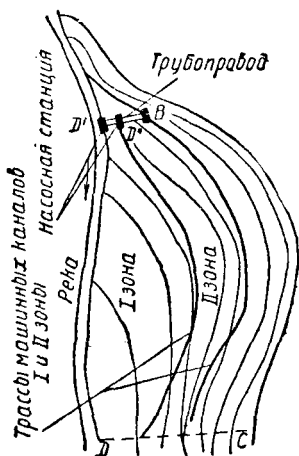


Рис. 63.

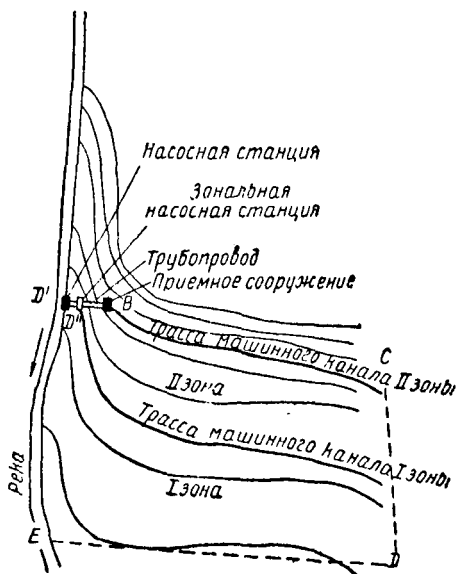


Рис. 63а.

$D'B$ в приемное сооружение магистрального канала, расположенное в точке B . Вода при этом подается непосредственно в рабочую часть магистрального канала (рис. 60).

3. Нижняя площадь $B'C'DE$ (рис. 61) орошается самотеком из магистрального канала $A'B'C'$, с головным регулятором в точке A' . Магистральный канал имеет холостую часть. Для орошения верхней площади $BCC'B'$ вода подается с помощью насосной станции в приемное сооружение рабочей части магистрального канала BC .

Насосная станция и трубопровод рассчитываются на расход, необходимый для орошения площади $BCC'B'$.

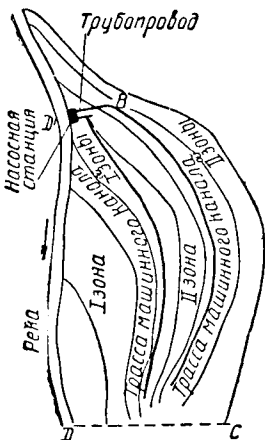


Рис. 64.

4. Нижняя площадь (рис. 62) $B'C'DE$ при бесплотинном водозаборе орошается самотеком из магистрального канала $AB'C'$; при этом магистральный канал имеет холостую часть; для орошения верхней площади $BCC'B'$ вода подается помощью насосной станции D' , расположенной на магистральном канале $AB'C'$. В этом случае часть магистрального канала AD' и головной регулятор рассчитываются на расход, необходимый для орошения площади $BCDE$.

5. Вся площадь (рис. 63 и 63а) орошается механическим способом, но подача всей воды производится в рабочую часть магистральных каналов, разделяющих площадь по высоте на зоны (вариант для предгорного и долинного типов рельефа).

6. Вся площадь (рис. 64) орошается механическим подъемом, но подача воды производится в рабочую часть магистрального канала помощью одной насосной станции, расположенной в точке D' .

§ 30. Проектирование холостой части магистрального канала

1. Нормы проектирования

Прежде чем приступить к проектированию холостой части магистрального канала, необходимо установить наивыгоднейший уклон и скорость течения воды. В обычных земляных грунтах холостая часть магистрального канала трассируется в зависимости от расходов с уклоном от 0,0001 до 0,0005. Однако с уменьшением уклона уменьшается h , но увеличивается поперечное сечение канала. Увеличение же h , а следовательно уменьшение поперечного сечения, возможно до величины, определяемой условием Кеннеди:

$$v_k = \alpha h^{0,64}$$

или Гриффитс-Ласея;

$$v_k = \alpha' R^{0,5},$$

где α и α' , — коэффициенты, значения которых приводятся в нижеследующей таблице.

Таблица значений коэффициентов α и α'

Характеристика грунтов	α	α'
Крупные песчано-илистые наносы	0,60—0,71	0,65—0,77
Средние песчано-илистые наносы . . .	0,54—0,57	0,58—0,64
Мелкие наносы	0,39—0,41	0,41—0,45
Очень мелкие наносы	0,34—0,37	0,37—0,41

Значение ширины канала по дну к глубине наполнения $a = \frac{b}{h}$ не нормируется. Величина a устанавливается в каждом отдельном случае в зависимости от удельного веса основных влияющих факторов, к которым относятся: расход канала (с увеличением расхода значение a увеличивается), незаиление и неразмывание (предельные скорости на размыв и заиление определяют глубину воды), уклон дна (с уменьшением a при данном расходе уклон уменьшается), возможность экономического применения механизмов для производства работ, зимнего режима канала. Величина a не должна быть больше 10—12.

Допускаемые скорости в канале, в зависимости от гидравлического радиуса и характера грунтов, приводятся в главе IX.

Величина значений коэффициентов внутреннего откоса (сухого), для каналов в глубокой выемке приводится в следующей таблице.

Таблица значений коэффициента внутреннего откоса (сухого) для каналов в глубокой выемке

Наименование грунта	Коэффициент внутреннего откоса
Сухие выемки в глинистых, суглинистых, супесчаных и сцементированных грунтах при глубине не свыше 8 м	1:1,25
То же при глубине выемки свыше 8 м	1:1,5
Выемки в песчаных грунтах	1:1,5
Выемки в жирных глинах	1:1,5
Для грунтов переходных от землистых к скальным (щебенистые, мергель, мел) в зависимости от грунта и глубины выемки	от 1:1 до 1:0,5
Для выветривающихся скальных грунтов в зависимости от грунта и глубины выемки	от 1:1 до 1:0,2
Для выветривающихся скальных грунтов	1:0,1

Примечание. Если в откосах выемки образуется поток грунтовых вод, направленный в сторону выемки, то данные, указанные в таблице, неприменимы. В этом случае необходимо либо уменьшить крутизну откоса, либо принять специальные меры для перехвата грунтового потока посредством устройства дренажа.

Величина значений коэффициента мокрого откоса устанавливается на основании специального изучения в лабораторной обстановке. При отсутствии опытных данных для предварительных расчетов допускается пользоваться наименьшей величиной откоса выемки при глубине h в канале от 1 до 2,5 м и от 2,5 до 5 м [(см. таблицу коэффициентов внутреннего откоса (мокрого)].

**Таблица значений коэффициентов внутреннего откоса (мокрого)
для каналов в глубокой выемке**

Название грунтов	Глубина воды в метрах	
	1—2,5	2,5—5
Глина песчаная	1:1,5	1:1,75
Суглинки тяжелые	1:1,25	1:1,5
Суглинки легкие	1:1,50	1:1,75
Супеси мелкозернистые	1:1,75	1:2,0
Пески мелкозернистые глинистые	1:1,75	1:2,0
Галечниковые грунты	1:1,0	1:1,0
Мягкие скальные грунты	1:0,25	1:0,25
Гравелистые грунты	1:1,5	1:1,5

При глубоких выемках (более 10 м), при разнородных грунтах, образующих откосы, или при более слабом грунте основания и присутствии внешней нагрузки устойчивость откоса должна проверяться по способу Терцаги—Крея; при однородных грунтах, отсутствии внешней нагрузки устойчивость рассчитывается по графикам Филлениуса, дополненным и исправленным Институтом ВОДГЕО.

Значения угла внутреннего трения, коэффициента трения $tg\varphi$, сцепления (в килограммах на 1 см²) приводятся в следующей таблице.

Таблица значений коэффициента трения, величины сцепления грунта и угла внутреннего трения

Наименование грунта	Коэффициент трения $tg\varphi$	Сцепление (в килограммах на 1 см ²)	Угол внутреннего трения φ
Песок средний и крупный	0,50—0,58	0	30
Супеси средней влажности	0,40—0,47	0	25
Суглинки средней влажности	0,35—0,37	0,2—0,5	20 *
Глина сухая (весовая влажность 15%)	0,30—0,32	0,5—1,0	18
Глина в пластичном состоянии	0,20—0,25	0	14

Объемный вес 1 м³ грунта выше горизонта воды принимается в пределах от 1 до 2 т в зависимости от минералогического состава, влажности и плотности.

Объемный вес грунта, насыщенного водой, принимается равным

$$\gamma_n = \gamma_c - (1 - 0,01n)\gamma,$$

где γ_c — объемный вес сухого грунта;

γ — объемный вес воды;

n — естественная пористость, равная

$$n = 100 \left(1 - \frac{\gamma_w}{\delta(1 + 0,01)w} \right),$$

где w — природная весовая влажность в процентах от веса абсолютно-сухой почвы;

δ — удельный вес материала грунта,

γ_w — объемный вес образца ненарушенной структуры при природной влажности.

При обычных значениях γ_c , n величина γ_n получается равной 0,9—1,1 т/м³.

2. Проектирование месторасположения водозаборных узлов

Холостая часть магистрального канала трассируется от заданной командной отметки.

Уровень воды в магистральном канале в конце холостой его части при максимальном расходе должен быть на 0,40—0,50 м выше подлежащей орошению территории.

Обозначим командную отметку горизонта воды при минимальном горизонте через H . Отметку горизонта воды в реке, соответствующую командной отметке, обозначим через H' . От заданной отметки H до отметки H' на реке будет иметь место падение горизонта воды в канале; это падение (ΔH) равно:

$$\Delta H = Li,$$

где L — длина канала в метрах,

i — уклон канала.

Отметка горизонта воды в канале, исправленная на уклон, будет равна $\Delta H + H$, что не соответствует принятой отметке на реке H' . Таким образом, канал необходимо протянуть выше по реке на длину ΔL_A до точки A' где отметка горизонта воды будет:

$$H + \Delta H + \Delta L_A i = H'. \quad (1)$$

Отметка горизонта воды в реке в точке A' равна:

$$H'' = \Delta L_A i_1 + H', \quad (2)$$

где i_1 — уклон реки.

Из выражения (1) и (2) нетрудно определить значение ΔL_A :

$$\Delta L_A = \frac{(H + \Delta H) - H'}{i_1 - i} + z, \quad (3)$$

где z — потери на местные сопротивления в головном регуляторе (потери на вход, при выходе, на переходных участках).

Зная, таким образом, значение ΔL_A и отложив по пикетажу, найдем предполагаемое место водозабора из реки при бесплотинном варианте.

При плотинном водозаборе отметка горизонта воды в реке перед головным регулятором при минимальном расходе равна

$$H_I + z = H_{II};$$

высота плотины определяется из выражения:

$$H_{II} - H_{III} = H_{IV},$$

где H_{III} — отметка дна,

H_{II} — напор перед головным регулятором,

z — потери на местные сопротивления (все величины в метрах).

По варианту плотинного водозабора сокращается и длина холостой части магистрального канала на величину:

$$l''' = l - l'',$$

где l — длина холостой части при бесплотинном варианте,

l'' — при плотинном варианте.

В целях борьбы с поступлением донных наносов в канал водозаборное сооружение следует располагать на вогнутом берегу криволинейного участка реки; на прямых участках реки канал должен отходить под острым углом.

При входе в водоприемник необходимо предусмотреть порог.

3. Последовательность расчетов при проектировании холостой части магистрального канала

Все расчеты для выбора экономически наимыгоднейшего уклона холостой части магистрального канала проводятся в следующей последовательности:

а) по материалам геологических, гидрогеологических исследований устанавливают нормы и технические условия проектирования для гидравлического расчета каналов;

б) задаваясь значениями $h = 1,0; 1,25; 1,50; 1,75; 2,0; 2,25$, определяют по формуле Кеннеди, с поправкой на характер наносов (из условий заиления), значение минимальных скоростей;

в) для предварительных гидравлических расчетов $v_{рас}$ принимают на 15—20% выше заиляющих скоростей, но не выше скоростей, указанных в главе IX для данной категории грунтов;

г) зная максимальный расчетный расход Q и v , определяют $\omega = \frac{Q}{v}$. По коэффициенту мокрого откоса, устанавливаемого по таблицам на стр. 96, и глубине наполнения определяют b из выражения $\omega = h(b + mh)$, смоченный периметр $\lambda = b + mh\sqrt{1 + m^2}$ и гидравлический радиус $R = \frac{\omega}{\lambda}$. Принимая коэффициент шероховатости для принятого состояния русла канала по формуле Гангиле — Куттера, определяют коэффициент Шези c , а затем по формуле $i = \frac{v^2}{c^2 R}$ определяют уклон.

Все указанные подсчеты сводятся в таблицу.

Таблица для гидравлического расчета холостой части магистрального канала

h	ω	b	n	λ	c	v	i

Полученные в результате расчетов поперечные профили должны быть увязаны с профилями каналов, которые дают различные машины.

Имея h (наполнение), значение i (уклона), намечают варианты трасс, пользуясь методикой, изложенной выше;

д) в соответствии с геологическими условиями устанавливают величину сухого откоса, проверяют устойчивость его по

методам Филлениуса или Терцаги — Крея;

е) по каждой намеченной трассе производят подсчет количества земляных работ и определяют ежегодные затраты (расходы по ремонту и амортизации) и стоимости.

Единичные стоимости устанавливаются по расценкам в соответствии с принятой схемой производства работ;

ж) окончательный выбор наимыгоднейшего уклона устанавливают в результате анализа следующих расчетных элементов: поперечного профиля канала и возможности механизированного способа его производства,

длины холостой части, возможности получения гидроэнергии на холостом участке магистрального канала, месторасположения и конструкции водозаборного узла, удовлетворяющих условиям наиболее эффективной борьбы с наносами;

з) после окончательного выбора месторасположения водозаборного узла при бесплотинном варианте проводят разработку варианта, предусматривающего уменьшение длины холостой части за счет повышения горизонта воды при помощи плотины;

и) в дальнейшем, после окончательного выбора варианта питания; приступают к более подробному проектированию трассы канала на отдельных участках, уточняя поперечное сечение каналов (ледовой режим, месторасположение отдельных гидротехнических узлов);

к) в районах с устойчивой зимой для быстрого образования ровного ледяного покрова, без образования зажоров и заторов, скорость воды во время ледостава должна быть не больше 0,4 м в секунду. Эта скорость поддерживается впредь до образования ледяного покрова толщиной 10—15 см, после чего скорость может быть увеличена до принятой расчетной. При проектировании канала необходимо обеспечить условия для работы канала при равномерном режиме и при работе на подпоре. Для сохранения поверхности охлаждения допускается принимать меньшие значения для отношения $a = \frac{b}{h}$ путем увеличения глубины;

л) при гидравлическом расчете каналов, с учетом ледяного покрова, коэффициент Шези вычисляют по формуле Гангилье—Куттера, коэффициент шероховатости n — по приведенной формуле:

$$n = \frac{P_1 n_1}{P_1} + \frac{P_2 n_2}{P_2},$$

где P_1 — смоченный периметр дна и стенок канала;

P_2 — смоченный периметр нижней поверхности льда;

n_1 — коэффициент шероховатости дна и стенок канала по Гангилье—Куттеру;

n_2 — коэффициент шероховатости нижней поверхности льда по Гангилье—Куттеру; коэффициент шероховатости льда в первом приближении может быть принят в размере от 0,012 до 0,015.

Толщина льда определяется по формуле Бьдина при наличии снега;

$$\delta_{\text{л}} = 2 \sqrt{\Sigma t} \text{ см,}$$

где Σt — сумма среднесуточных температур воздуха (по термометру Цельсия) за время образования льда;

м) для обеспечения свободного пропуска льда и шуги по каналу (без образования ледяного покрова, заторов и зажоров) необходимо среднюю скорость принимать в размере 1,0—1,5 м в секунду. Канал должен иметь однообразные уклоны, ширину русла и не должен иметь закруглений с радиусом менее десятикратной ширины его по дну при углах поворота менее 45°, и менее двадцатикратной ширины по дну при углах поворота более 45°;

н) при наложении принятой трассы канала на план величину минимального радиуса закругления (в метрах) определяют по формуле Дэвиса:

$$R = 11v^2 \sqrt{W} + 12,$$

где v — средняя скорость в метрах,

W — площадь живого сечения в квадратных метрах.

Полученное в формуле значение R не может быть меньше $5B$, где B — ширина канала по урезу.

о) Дополнительно разрабатывают вариант механического орошения земельного массива и устанавливают ежегодные затраты по станциям. В проекте механического орошения необходимо рассмотреть вопрос о числе зон качания. В результате сравнения вариантов механического и самотечного орошения представляется возможным экономически оценить каждый из рассмотренных вариантов;

4. Проложение трассы магистрального канала в холостой части

Трассируя холостую часть канала и подбирая поперечные сечения и уклоны на различных его участках, надо стремиться к созданию условий:

- 1) обеспечивающих канал от отложения песчаных наносов;
- 2) обеспечивающих минимум потерь воды, при протекании ее по холостой части;
- 3) обеспечивающих канал от подмыва со стороны реки или со стороны другого канала;
- 4) не допускающих оползания откосов в глубокой выемке.

В зависимости от характера местности трасса магистрального канала в холостой части может проходить:

а) в пойме реки,

б) в крутом и высоком берегу поймы.

а) *Трасса канала в пойме реки.* При проектировании трассы канала в пойме реки необходимо стремиться отойти с трассой от реки в глубь поймы во избежание подмыва канала рекой. При наличии такой опасности должны быть предусмотрены выправительные и струенаправляющие сооружения для защиты канала.

Трассировать канал по пойме следует в выемке для уменьшения влияния канала на заболачивание окружающей местности.

б) *Трасса канала в крутом берегу.* При проектировании трассы по косогору высокого берега поймы обращают внимание на достаточную удаленность русла канала от реки во избежание сильной фильтрации воды, вымывания грунта и последующего оползания земляных масс со стороны реки; следует также обратить внимание на укрепление берега от подмыва на этом участке.

Необходимо установить один из наиболее экономичных вариантов перехода каналом оврагов, прорезающих косогорный участок (канал в насыпи, акведук, дюкер или напорный трубопровод).

Для ограждения канала от действия ливневых вод должны быть запроектированы нагорные канавы с нагорной стороны. Между нагорной канавой и каналом следует предусмотреть полосу отчуждения под дамбы, резервы, дорогу.

Вынутая земля из нагорной канавы откладывается в дамбы со стороны ограждаемого канала.

Сброс воды из нагорных канав осуществляется с помощью акведука — лотка через магистральный канал.

При проектировании канала в глубокой выемке необходимо устройство берм примерно через 5 м (по высоте). Первая берма устраивается на глубине $h + \Delta h$, где h — глубина в канале, Δh — превышение бровки бермы над максимальным горизонтом, принимаемое в размере 0,75—1 м. Ширина одной из берм должна быть увязана с условиями механизированного способа производства работ по очистке каналов; эта берма используется в качестве дорожного полотна. Минимальная ширина этой бермы должна быть не меньше 4 м. Вторая берма имеет назначение защищать

откос от подмыва. Ширина второй бермы может быть принята в размерах 0,5—1 м. Поверхность бермы проектируется с поперечным уклоном в направлении откоса выемки, на границе с которой устраивается кювет для отвода воды в канал.

Избыток земли укладывается в кавальеры, которые образуют как бы широкие дамбы, ограждающие канал от попадания в него поверхностных вод. Подошва кавальера располагается за пределами опасной поверхности скольжения откоса выемки, полученной из расчета на устойчивость.

В первом приближении это расстояние может быть определено по формуле:

$$l = \frac{b}{2} + m_0 H,$$

где b — ширина канала по дну в метрах,

H — глубина выемки в метрах,

m_0 — коэффициент сухого откоса.

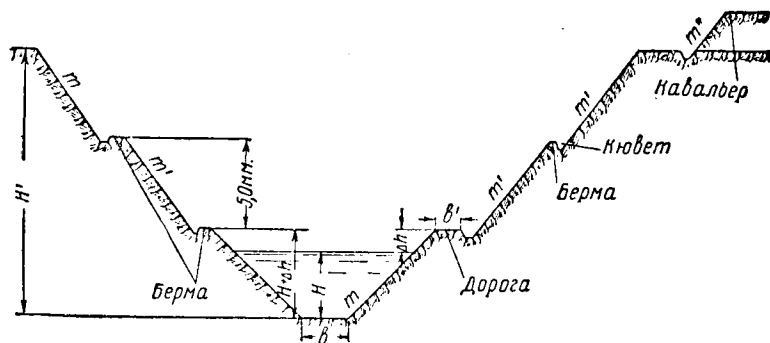


Рис. 65.

Высота кавальеров принимается 1,5—2 м, откосы 1 : 1,5.

Поперечное сечение канала в выемке показано на рис. 65.

Рассмотрим сечения канала при продолжении трассы по косогору крутого берега. Здесь могут быть следующие типы каналов:

а) сечение в естественном грунте в двух вариантах:

вариант a_1 : смоченный периметр находится целиком в выемке;

вариант a_2 : часть смоченного периметра приходится на выемку, часть на насыпь;

б) сечение канала в подпорных стенках — упорных призмах.

При проектировании канала в выемке на косогоре, сечение рекомендуется делать несимметричным, придавая откосу, обращенному к нагорной стороне, большую пологость. Бермы с нагорной стороны делают через 5 м. Одна из берм, со стороны выемки, делается шириною 4—5 м и используется для дороги.

Сечение канала по варианту a_1 представлено на рис. 66.

При варианте a_2 (канал расположен частично в выемке, частично — в насыпи) величина коэффициента наружного откоса дамб, высотой до 3 м, принимается равной 2. При высоте более 3 м коэффициент откоса определяется из расчета на устойчивость. Дамбы канала, при высоте более 3 м, рассчитываются по нормам для земляных плотин; при высоте менее 3 м размеры дамб могут быть проверены по формуле: $L = cH$,

где L — длина по основанию дамбы, считая от перпендикуляра, опущенного на подошву дамбы из точки пересечения горизонта воды с внутренним откосом до пересечения наружного откоса с поверхностью земли;
 c — коэффициент, характеризующий величину заложения. Значения c могут быть приняты в следующих размерах: песок $\approx 5,5$, супеси ≈ 5 , суглинок $\approx 4,5$, глина ≈ 4 ;
 H — глубина воды в канале от горизонта максимального расхода до основания дамбы.

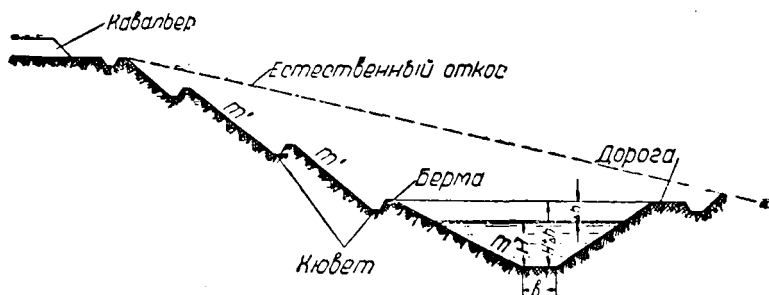


Рис. 66.

Со стороны сухого откоса рекомендуется заложить дренаж с обратным фильтром.

Если откос в пределах косогора меньше откоса насыпи, то для сопряжения дамбы с естественным откосом необходимо предусмотреть устрой-

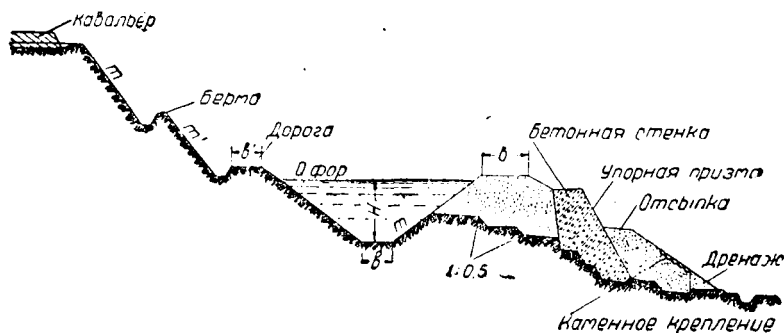


Рис. 67.

ство упорных призм в виде подпорных стенок (рис. 67). Для предупреждения сползания дамбы, расположенной на естественном откосе, подошва откоса врезается в грунт в виде штраба с высотой ступени от 0,3 до 1 м (см. рис. 68). Превышение гребня дамбы над горизонтом воды в канале должно быть не меньше 1 м. Если по верху дамбы дорога не проектируется, то ширина гребня дамбы принимается от 2,5 до 4 м в зависимости от расхода (Q).

На рис. 68 представлены поперечные сечения канала в косогоре по варианту а.

Устройство канала в подпорных стенках — упорных призмах — осуществляется в тех случаях, когда грунт косогора (или склона) непригоден для устройства дамб.

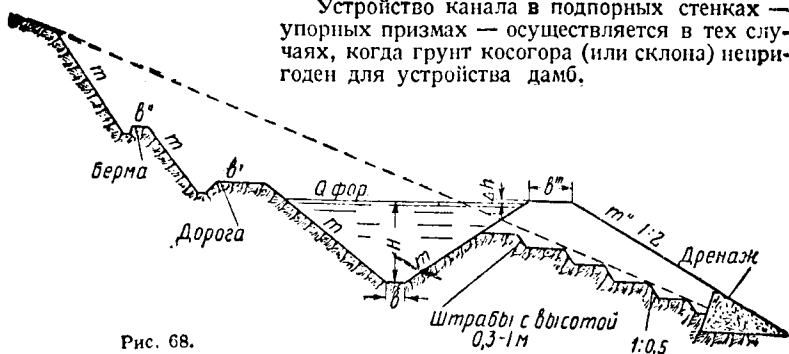


Рис. 68.

Подпорная стенка устраивается с одной стороны канала и выполняется из бетона, бутовой кладки или железобетона. Внутренняя сторона и дно канала облицовываются кирпичом, бетоном или покрываются цементной штукатуркой. С внешней стороны к подпорной стенке иногда подсыпается земля. На рис. 69 представлены различные поперечные сечения (а, б, в) каналов в подпорных стенках (канал Фунгахера, канал Турлок, канал Морберно и др.).

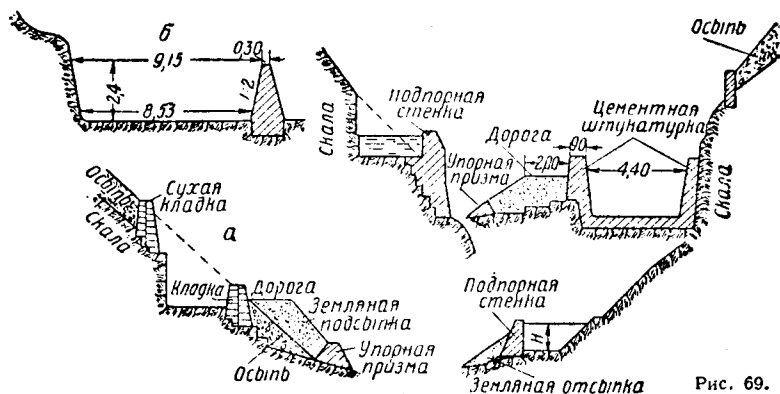


Рис. 69.

Подпорные стенки проектируются и в тех случаях, когда холостая часть магистрального канала по выходе из головного регулятора проходит по узкой полосе между рекой и крутым берегом и когда по экономическим соображениям нецелесообразно сооружать туннель или лоток. Подпорная стенка отделяет канал от русла реки, при этом трасса канала в головной части проходит по руслу реки (рис. 70).

При скоростном строительстве, осуществляемом большим количеством работников, к поперечному профилю магистрального канала предъявляются следующие требования:

1. Необходимо избегать проектирования сложного поперечного профиля.
2. При сосредоточенном фронте строительства по сооружению канала желательно проектировать неглубокие каналы, не нарушая при



Рис. 70.

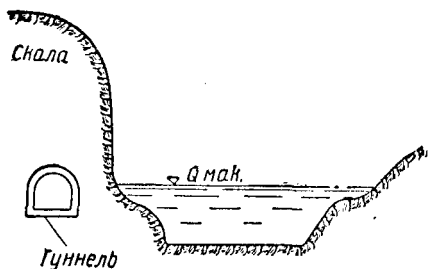


Рис. 71.

вание холостой части канала в виде туннеля.

Открытые лотки применяются в тех случаях, когда: 1) холостая часть магистрального канала трассируется в трудно разрабатываемых грунтах, 2) грунт склона по фильтрационным свойствам непригоден для сооружения канала.

Лотки могут быть: деревянные прямоугольные, деревянные полукруглые, бетонные или железобетонные.

Лотки укладываются на берме, помещаясь на подкладках, седлообразных опорах или на специально устроенных столбах. Опоры могут быть деревянными, бутовыми, бетонными, железобетонными. Опоры рассчитываются на сумму всех основных сил (собственный вес трубы и заполняющей воды, все опоры, активное давление грунта на опору при расположении ее на не скальных грунтах) и катастрофических (инерционная сейсмическая сила, увеличение активного давления земли при землетрясении). Расстояние между опорами принимается от 1,5 до 4,5 м.

Высота опор от низа земли для удобства наблюдений и ремонта принимается не менее 200—300 мм.



Рис. 72.

5. Головной участок холостой части магистрального канала

Схема расположения сооружений в пределах головного участка представлена на рис. 73.

а) На головном участке холостой ча-

этом гидравлических требований (допускаемая скорость на размыв, заиление, отношение $\frac{b}{h}$).

3. При проектировании поперечного профиля канала надо иметь в виду возможность разработки внутренних резервов по каналу. Последние (резервы) в процессе эксплуатации магистрального канала заилиются.

Иногда для пропуска воды в холостой части магистрального канала применяются специальные конструкции сооружений: туннели, лотки (рис. 71, 72).

Если берег круто возвышается над горизонтом воды в реке и является отвесным, пойма сужена или, наоборот, берега характеризуются оползневыми явлениями, наиболее целесообразным является проектиро-

сти магистрального канала предусматриваются специальные мероприятия по борьбе с наносами. В пределах головного участка проекти-

руется отстойник. Проектирование отстойника следует производить при условии обеспеченности осаждения 75—80% от общего количества вредных фракций наносов. При определении размеров отстойника при водоприемнике за расчетную глубину рекомендуется принимать полную глубину потока в отстойнике, учитывая при этом постоянный остаток наносов после промывки (в размере 20—25%).

Величину средней скорости течения рекомендуется принимать равной 0,25—0,35 м в секунду.

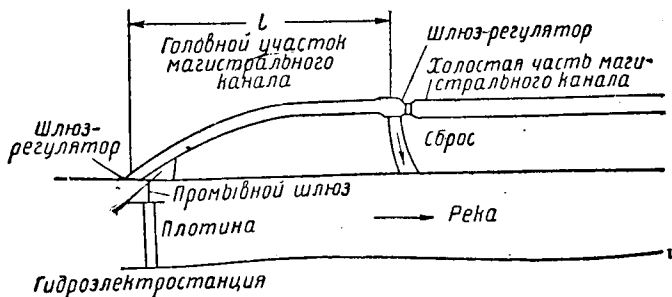


Рис. 73.

б) В точке Д устраивается узел сооружений: шлюз-регулятор для пропуска воды в холостую часть магистрального канала и сбросной промывной шлюз для пропуска через него расходов, обеспечивающих смыв отложившихся наносов. При наличии значительной разницы между уровнями воды в реке и канале следует предусматривать устройство ГЭС, при этом мощность ГЭС определяется специальными экономическими расчетами.

Узел сооружений Д должен располагаться там, где длина сбросного канала до реки будет минимальной. С другой стороны, необходимо иметь в виду, чтобы подпор со стороны реки не оказывал влияния на прохождение сбросных расходов из магистрального канала.

в) Облицовка канала в пределах головного участка устанавливается в соответствии с экономическими расчетами и в зависимости от геологических условий по трассе.

§ 31. Одежда холостой части магистрального канала

Магистральный канал в холостой части проектируется не только в земляном русле, но иногда покрывается облицовкой.

Применяются следующие типы одежды для облицовки в зависимости от выполняемой ими (одеждами) функции:

1) укрепление откосов для создания устойчивости русла, однако без уменьшения фильтрационных потерь: каменная наброска толщиной 0,30—0,60 м;

2) уплотнение, направленное преимущественно на уменьшение потерь, но не обеспечивающее устойчивости русла: а) уплотнение глиной (толщиной 0,3—1 м), прикрываемое защитным слоем из песка и гравия (толщиной 0,15 до 1 м в зависимости от глубины промерзания), б) цементная штукатурка и др.;

3) облицовка, обеспечивающая необходимую устойчивость и вместе с тем уменьшающая шероховатость и фильтрационные потери: а) бетонная облицовка, б) мостовые на растворе, покрываемые водонепроницаемым слоем цементной штукатурки и слоем торкрета, и др.

§ 32. Расчетный режим канала

а) Расчетный расход магистрального канала и холостой его части определяется по формуле:

$$Q = \frac{q\omega}{\eta \cdot 1000} + \frac{\sigma Ql}{100},$$

где q — гидромодуль на 1 га в литрах в секунду,

ω — орошаемая площадь-нетто в гектарах,

σ — потери (в кубометрах в секунду) на длине холостой части магистрального канала, определяемые по формулам акад. А. Н. Костякова в зависимости от характера грунтов на трассе холостой части;

l — длина холостой части в километрах;

η — коэффициент полезного действия системы в пределах рабочей части.

б) Холостой участок магистрального канала является наиболее удобным для сооружения гидростанции; при этом гидроэнергия может быть получена или на самом канале или на сбросе. В зависимости от того,

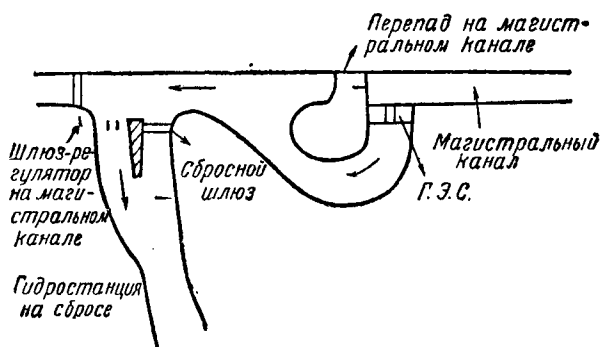


Рис. 74.

где предполагается получить гидроэнергию, изменяется и расчетный режим холостого участка магистрального канала.

Если станция сооружается на сбросе, то при наличии избытка воды в источнике орошения в период максимального потребления воды на орошение:

$$Q_{Эн} = Q'_{кан} - Q_{потребление макс}$$

и в период минимального потребления:

$$Q_{Эн} = Q'_{кан} - Q_{потребление мин}$$

При ограниченном количестве воды в источнике гидростанция будет иметь сезонный характер и в период максимальной потребности в воде на орошение в сброс вода вовсе не поступает.

в) При сооружении гидростанции на рабочем участке магистрального канала через турбины гидростанции пропускается расход, потребный на орошение. Для сброса воды в источник орошения при работе гидростанции в зимний период следует предусмотреть сброс ниже гидростанции.

На последнем также может быть устроена гидростанция, работающая в невегетационный период (см. рис. 74).

При избытке воды в реке расчетный расход гидростанции на сбросе и на канале может быть принят $Q_{ан} = Q'_{кан}$.

§ 33. Турбонасосные установки на холостой части магистрального канала

Турбонасосная установка проектируется на магистральном канале. Она служит для получения энергии с последующим использованием этой энергии на подъем воды для орошения земель, лежащих вне зоны влияния самотечного канала.

Из приемного сооружения вода трубопроводом подается к гидротурбине. Расход на орошение подается трубопроводом к насосу, находящемуся на одной оси с турбиной.

Мощность турбины определяется из выражения:

$$Q_{тур} = \frac{Q_n H_n \eta_n \eta_{п}}{H_{тур} \eta_{тур}}$$

где: $\eta_{тур}$ — коэффициент полезного действия турбины;
 η_n — коэффициент полезного действия насоса;
 $\eta_{п}$ — коэффициент полезного действия передачи;
 $H_{тур}$ — напор турбины с учетом потерь;
 H_n — напор, который дает насос;
 $Q_{тур}$ — расход, пропускаемый через турбины;
 Q_n — расход, потребный на орошение.

§ 34. Примеры расчета устойчивости откосов

1. Пример расчета устойчивости откоса по методу Филленгуса*

Дано:

высота откоса $h = 10$ м, угол откоса с горизонтом $\theta = 18^\circ 26'$ (1:3); вес кубической единицы грунта (объемный вес) $\gamma = 1,8$ т/м³, угол внутреннего трения $\varphi = 10^\circ$.

Требуется найти минимальный коэффициент сцепления, необходимый для устойчивости откосов.

На рис. 75 для $\theta = 18^\circ 26'$ имеем $\Phi(\alpha, \omega, \theta) = 0,585$.

По формуле

$$c_0 = \frac{\gamma h}{4} \Phi(\alpha, \omega, \theta) = \frac{1}{4} \cdot$$

$$1,8 \cdot 10 \cdot 0,585 = 2,63 \text{ т/м}^2.$$

На рис. 76 при $\varphi = 10^\circ$

и $\theta = 18^\circ 26'$ находим

$$\frac{c}{c_0} = 0,310.$$

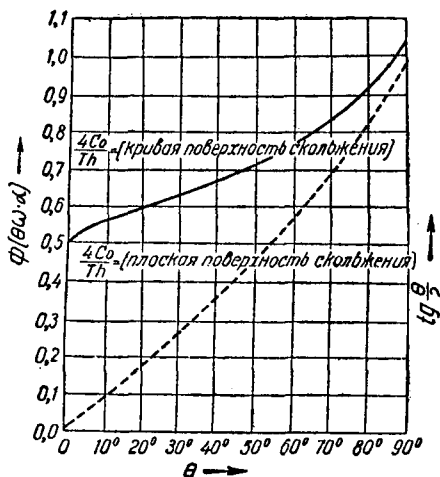


Рис. 75. График значений $\Phi(\theta, \omega, \alpha)$ от угла θ .

* Проект технических условий и норм проектирования, возведения и эксплуатации насыпных земляных плотин. Госстройиздат. 1938 г.

Следовательно, искомый коэффициент сцепления

$$c = \frac{c}{c_0} \cdot c_0 = 0,310 \cdot 2,63 = 0,81 \text{ т/м}^2;$$

Пользуясь графиками (рис. 75, 76, 77), можно: а) найти угол трения φ , необходимый для равновесия откосов, б) определить наибольшую высоту h , при которой откос еще будет устойчив.

При определении наибольшей высоты h пользуются формулой:

$$h_{90^\circ} = 0,958 \frac{4c_0^2}{\gamma};$$

Значение c_0 определяем из отношения $\frac{c}{c_0}$ при заданном c (рис. 76) и далее по рис. 77 находим $\frac{h_0}{h_{90^\circ}}$;

Следовательно, максимальная возможная высота откоса

$$h = \frac{h_0}{h_{90^\circ}} \cdot h_{90^\circ}.$$

2. Расчет по методу Терцаги — Крета

Основные положения этого метода заключаются в следующем. Поверхности обрушения считаются круглыми цилиндрическими поверхностями. На поверхности скольжения действуют силы трения, пропорциональные нормальному давлению на поверхность, и силы сцепления, пропорциональные величине этой поверхности. Для расчета устойчивости Терцаги выделяет некоторую часть круговой поверхности и выделенную часть разбивает вертикальными плоскостями на элементы. Далее рассматривается каждый элемент в отдельности. Вес элемента раскладывается на направление касательной и нормали к элементу поверхности скольжения. Реакция поверхности скольжения со-

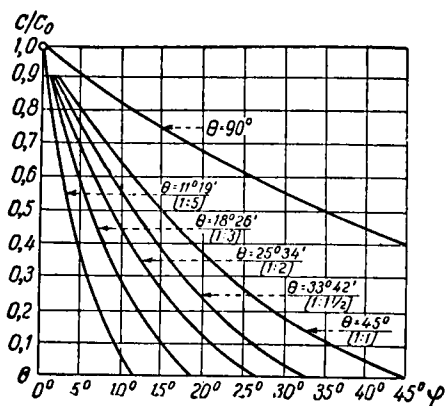


Рис. 76. График зависимости $\frac{c}{c_0}$ от угла трения φ .

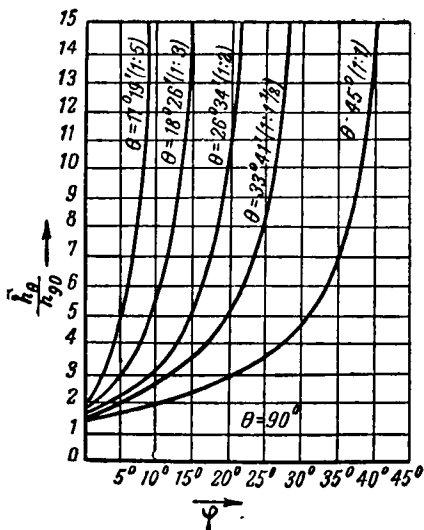


Рис. 77. График значения $\frac{h_0}{h_{90^\circ}}$ от угла φ .

ставляется из нормальной силы и силы трения, вызванной действием нормальной силы. Для нахождения опасной поверхности скольжения Терцаги предлагает воспользоваться тем обстоятельством, что центры опасных кривых лежат на очень пологих кривых, которые без заметной ошибки могут быть приняты за прямые. Эти прямые для всех откосов пересекаются в одной точке, лежащей на глубине h под поверхностью грунта основания откоса и на расстоянии $4,5 h$ от подошвы откоса, где h высота откоса. Другой точкой, определяющей положение искомой прямой, является центр наиболее опасного круга при отсутствии трения в грунте откоса. Положение этого центра o находится по таблице 1 (см. стр. 110).

Коэффициент устойчивости откоса определяется по формуле:

$$\eta = \frac{\sum h \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi + \frac{\sum cl}{\gamma b}}{\sum h \sin \alpha + \frac{\sum pd}{R}}$$

где числитель — сумма моментов удерживающих сил, а знаменатель — сумма моментов сцепляющих сил.

В этой формуле:

h — высота откоса, устойчивость которого должна быть проверена;

α — угол, составляемый касательной и горизонтом;

φ — угол трения;

c — сосредоточенная сила, действующая на бровку откоса;

d — плечо этой силы;

l — длина дуги скольжения, по которой действует сила сцепления;

R — радиус поверхности скольжения;

γ — объемный вес 1 м^3 грунта в тоннах;

c — коэффициент сцепления в тоннах на 1 м^2 , определяемый на основе полевых или лабораторных исследований.

В тех случаях, когда вес грунта в различных слоях различен, необходимо увеличить высоту более тяжелого грунта пропорционально отношению его объемного веса к объемному весу остального грунта и отложить эти увеличенные высоты на чертеже, ведя расчет, как для однородного грунта. Проверка устойчивости откоса по методу Терцаги — Крея проводится в такой последовательности:

1) проводится произвольная окружность скольжения;

2) определенная часть откоса разделяется на отдельные элементы вертикальными линиями;

3) находятся веса этих элементов;

4) графически находятся составляющие силы веса, нормальная и касательная к элементу поверхности скольжения;

5) на чертежу находится длина l ;

6) по формуле находится величина искомого коэффициента устойчивости для принятой поверхности скольжения.

Пример. Пусть требуется проверить устойчивость откоса высотой $h = 20 \text{ м}$, при тройном заложении (1:3), построенного из глинистого грунта на глинистом основании.

Грунт откоса характеризуется следующими величинами: угол внутреннего трения $\varphi_1 = 16^\circ$; $\operatorname{tg} \varphi_1 = 0,283$; коэффициент сцепления $c_1 = 1,5 \text{ т/м}^2$; объемный вес $\gamma_1 = 1,7 \text{ т/м}^3$.

Грунт основания имеет угол внутреннего трения $\varphi_2 = 12^\circ$; $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0,213$; коэффициент сцепления $c_2 = 2,0 \text{ т/м}^2$; объемный вес $\gamma_2 = 1,9 \text{ т/м}^3$.

Для ориентировки, при выборе центра поверхности скольжения, находим точку A , откладывая углы β и δ , взятые из таблицы 1.

Таблица 2

№ призм	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	Высота призмы h (в метрах)	$h \sin \alpha$	$\operatorname{tg} \varphi$	$h \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi$
1	2	3	4	5	6	7
Справа						
10	+ 0,949	+ 0,314	0,51	+ 0,484	0,287	0,046
9	+ 0,9	+ 0,436	8,00	+ 7,20	0,287	1,001
8	+ 0,8	+ 0,600	12,80	+ 10,24	0,287	2,204
7	+ 0,7	+ 0,714	15,80	+ 11,06	$\frac{0,287+0,213}{2}$	2,820
6	+ 0,6	+ 0,800	18,00	+ 10,80	0,213	3,067
5	+ 0,5	+ 0,866	19,40	+ 9,70	0,213	3,578
4	+ 0,4	+ 0,916	20,00	+ 8,00	0,213	3,902
3	+ 0,3	+ 0,954	20,60	+ 6,18	0,213	4,176
2	+ 0,2	+ 0,980	20,40	+ 4,08	0,213	4,258
1	+ 0,1	+ 0,995	19,60	+ 1,96	0,213	4,154
0	+ 0	1,0	18,80	0	0,213	4,004
Слева						
1	- 0,1	+ 0,995	17,40	- 1,74	0,213	3,688
2	- 0,2	+ 0,980	15,60	- 3,12	0,213	3,256
3	- 0,3	+ 0,954	13,00	- 3,90	0,213	2,642
4	- 0,4	+ 0,916	10,80	- 4,32	0,213	2,107
5	- 0,5	+ 0,866	7,60	- 3,80	0,213	1,402
6	- 0,6	+ 0,800	3,60	- 2,16	0,213	0,613
7	- 0,7	+ 0,682	0,60	- 0,48	0,213	0,096
				$\Sigma h \sin \alpha = 48,184;$	$\Sigma h \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi = 47,0$	

Для крайних элементов седьмого слева и десятого справа углы касательных определяются по чертежу. Значения h_7 и h_{10} находятся из равенства

$$h_7 = \frac{M_{aa'}}{2b} \quad \text{и} \quad h_{10} = \frac{dd'eF}{2b};$$

В соответствии с разными значениями угла трения в таблице 2 для элементов 10—8 взято $\operatorname{tg} \varphi = 0,287$; для элементов 6—7 $\operatorname{tg} \varphi = 0,213$.

Подставляя в формулу значения $\Sigma h \sin \alpha$ и $\Sigma h \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi$, получим коэффициент устойчивости отсеченной части откоса

$$\eta = \frac{47,014 + \frac{\Sigma (c_1 b_1 + c_2 b_2)}{\gamma_2}}{48,184} = 1,42.$$

Здесь второй член числителя представляет собой сумму сил сцепления по дуге MK и по дуге KF .

Длина дуги определяется на рис. 78. Найденная величина коэффициента устойчивости относится только к избранной кривой MKF . Для того чтобы определить устойчивость откоса, необходимо взять еще несколько кривых и для каждой из них найти коэффициент устойчивости. Наименьшая из полученных таким образом величин определяет устойчивость откоса.

ГЛАВА VII

ТЕХНИКА ПОЛИВА

§ 35. Номенклатура способов поверхностного самотечного полива периодически поливаемых культур

Наименование способов полива	Характер распределения воды на поверхности почвы	Направление впитывания воды в почву	В каком состоянии впитывается основное количество воды в почву
1) Полив по бороздам	Вода распределяется сосредоточенной струей по канавкам-бороздам	Вода впитывается в почву сверху вниз и сбоку в дно и стенки борозд	а) Для длинных борозд основное количество воды впитывается при движении ее по бороздам б) Для коротких борозд с малым уклоном основное количество воды впитывается в состоянии покоя
2) Полив напуском	Вода покрывает поверхность почвы сплошным слоем	Вода впитывается в почву сверху вниз	Основное количество воды впитывается в почву в состоянии движения
3) Полив затоплением	Вода покрывает поверхность почвы сплошным слоем	Вода впитывается в почву сверху вниз	Преобладающее количество поливной нормы впитывается в состоянии покоя
4) Полив по дюжкам	Вода распределяется сосредоточенной струей по дюжкам	Вода впитывается в почву сбоку и сверху вниз в стенки и дно дюжка.	Основное количество воды впитывается в состоянии покоя

§ 36. Основные условия, определяющие способы полива

Техника подготовки поля к поливу и способы распределения воды по поверхности поля зависят от целого ряда условий, из которых основными являются:

- а) площадь питания и расположение стеблей и корней культуры;
- б) способы и орудия пахоты, посева, ухода и уборки культуры;
- в) размеры поливных норм и схема поливов культуры;
- г) скорости впитывания воды и скорости промачивания почвы при сплошном слое воды на поверхности почвы и при подаче воды по бороздам;
- д) степень засоленности почвы;
- е) рельеф и уклоны поверхности орошаемого поля;
- ж) микрорельеф поверхности поля.

Для правильного выбора способа полива необходимо установить характеристики каждого из основных условий.

При составлении характеристик уклонов, рельефа и микрорельефа

необходимо различать: 1) характеристики уклонов и рельефа скатов, образующихся после разбивки на плане проводящей сети, и 2) характеристики уклонов и микрорельефа орошаемого поля.

Характеристики рельефа и уклонов скатов устанавливаются после схематического нанесения проводящих каналов (магистраль, распределители, коллекторы). Эти характеристики устанавливаются на планах с горизонталями не реже как через 0,5 м в масштабе 1 : 5 000, 1 : 10 000. Характеристики рельефа и уклонов скатов служат для ориентировочного выбора способа полива и для выбора необходимого количества и расположения типовых участков проектирования мелкой и мельчайшей сети, а также для отбора площадей, подлежащих строительной планировке.

Характеристика уклонов и микрорельефа орошаемого поля устанавливается по планшетам типовых участков, выбранных для типового проектирования мельчайшей оросительной сети и для проектов планировки.

Масштабы планов для оценки микрорельефа орошаемого поля, в зависимости от пестроты микрорельефа и его выраженности, необходимы следующие:

- горизонтальный — от 1 : 2 000 до 1 : 1 000;
- горизонталь — через 0,2—0,1 м.

1. Характеристики средних уклонов поверхности

- а) Малые уклоны: уклоны 0,002 и меньше.
- б) Средние уклоны: уклоны от 0,002 до 0,005.
- в) Большие уклоны: уклоны от 0,005 до 0,015.
- г) Очень большие уклоны: уклоны от 0,015 до 0,030.
- д) Уклоны, при которых орошение обычными способами поверхностного самотечного полива крайне затруднено: уклоны больше 0,03.

2. Характеристики рельефа скатов

а) Спокойный, нерасчлененный рельеф. Рельеф, характеризующийся примерно параллельными горизонталями и редко расставленными (> 2 км) слабо выраженными водоразделами и тальвегами.

б) Слабо расчлененный рельеф. Горизонталь хотя и не параллельны, но сохраняют общее однообразное направление. Водоразделы выражены, но не глубокие.

в) Пересеченный рельеф (сильно расчлененный). Горизонталь имеют извилистое направление; различные расстояния между горизонталями; водоразделы и тальвеги резко выражены, глубокие и имеют пестрое расположение относительно общего ската.

Расстояние между водоразделами самое разнообразное, но преобладают небольшие расстояния < 2 км.

г) Холмистый рельеф, или западинный рельеф. Характерным признаком этого типа рельефа является наличие замыкающихся или близких к этому горизонталей.

3. Характеристики микрорельефа орошаемого поля (поливной карты)

а) Хороший микрорельеф. Параллельные горизонталь, однообразные уклоны, отсутствие отрицательных уклонов, микровозвышения и микрозападины не больше 0,05 м.

Требуется, как правило, только поверхностное выглаживание утюгами и волокушами.

б) Удовлетворительный микро рельеф. Горизонталы слегка извилисты. Уклоны переменные, но отрицательные (обратные) уклоны отсутствуют; микровозвышения и микрозападины не больше 0,20 м. Имеются только отдельные бугорки и западины, превышающие 0,20 м.

в) Плохой микро рельеф. Горизонталы значительной извилистости. Уклоны по направлению полива переменные, с наличием отрицательных и нулевых. Микровозвышения и микропадины имеют высоту или глубину больше 0,20 м.

г) Очень плохой микро рельеф. Горизонталы сильно извилисты и замыкаются. Уклоны по направлению полива переменные, с наличием отрицательных и нулевых.

4. Характеристики скорости впитывания воды в почву

Почвы по скорости впитывания можно разбить на три большие группы:

1) почвы, имеющие скорость впитывания больше 0,15 м за первый час впитывания (почвы значительной водопроницаемости);

2) почвы, имеющие среднюю скорость впитывания меньше 0,15 м и больше 0,05 м за первый час впитывания (почвы средней водопроницаемости);

3) почвы, имеющие среднюю скорость впитывания меньше 0,05 м за первый час впитывания (почвы слабой водопроницаемости).

Под средней скоростью впитывания за первый час для полива напуском понимается средняя скорость впитывания воды при толщине слоя 0,05 м, за первый час впитывания.

Под средней скоростью впитывания за первый час для полива по бороздам понимается средняя скорость впитывания воды, налитой в борозду слоем 0,05—0,10 м, за первый час. Борозда аналогична проектной.

Скорость впитывания воды в почву изменяется в зависимости от обработки и орошения: для целины больше, чем для староорошаемых почв, для глубоко вспаханных почв больше, чем для мелко вспаханной почвы, и после поливов меньше, чем до поливов. Под расчетной средней скоростью впитывания необходимо считать скорость впитывания воды данной почвой в условиях, аналогичных проектируемым.

Для вновь орошаемых районов скорость впитывания определяется в полевых условиях и в монолитах при расположении воды аналогично проектируемому и при почвенной влажности, соответствующей тем значениям ее, которые будут перед поливами в условиях орошения. Создание в почве условий, близких к условиям орошаемых площадей, необходимо достигать путем предварительных поливов опытных участков и монолитов.

Необходимо иметь в результате опытов:

1) интегральную кривую слоя впитавшейся воды примерно за двое суток и

2) уравнение скорости впитывания, данное проф. А. Н. Костяковым:

$$H(t) = k_{cp}(t) \cdot t = \frac{k_1}{(1-a)t^a} \cdot t;$$
$$k(t) = \frac{k_1}{t^a}; \quad k_0 = \frac{k_1}{1-a};$$

здесь: $H(t)$ — слой воды в метрах, впитавшейся за t часов;
 $k_{cp}(t)$ — средняя скорость впитывания воды за время t часов;
 t — время впитывания воды в часах;
 k_0 — средняя скорость впитывания воды за первый час;
 $a = 0,3 - 0,7$.

5. Характеристики скорости промачивания почвы

Под скоростью промачивания почвы понимается глубина проникновения воды в почву при поливах за единицу времени. Скорость промачивания почвы изучается одновременно со скоростью впитывания воды в почву.

Скорость промачивания почвы, как и скорость впитывания воды в почву, должны изучаться при двух способах подачи воды:

- 1) затоплением сплошным слоем и
- 2) по бороздам.

При подаче воды сплошным слоем устанавливается скорость только вертикального промачивания, а при подаче воды по бороздам обязательно фиксируется весь контур увлажнения и вычисляются скорости промачивания горизонтального, вертикального и под углами в 45° .

Борозда должна быть аналогична проектной.

Скорости промачивания особенно необходимы для установления целесообразной глубины борозд и расстояний между ними.

Условия, в которых будут изучаться скорости промачивания почв, должны быть по возможности аналогичны производственным условиям орошения.

Характеристики засоленности и солонцеватости почв см. стр. 37—38.

6. Характеристики способов пахоты, посева, ухода и уборки культуры

1. Глубины и формы пахоты. Направления пахоты. Орудия и машины пахоты, их требования, габариты и производительность.

2. Характеристики узкорядного посева. Сюда относятся главным образом зерновые культуры и травы при узкорядном посеве их.

а) Расстояния между рядками. Возможность широкорядных и ленточных посевов и их характеристики.

б) Расположение рядов посева.

в) Необходимость перекрестных посевов.

г) Сеялки, их требования, габариты, производительность.

3. Характеристики широкорядного посева. Главным образом сюда относятся пропашные и овощные культуры.

а) Расстояния между рядами и гнездами. Расположение рядов.

б) Необходимость перекрестных или шахматных посевов.

в) Сеялки, их требования, габариты и производительность посевных агрегатов.

4. Характеристика механизированной междурядной обработки. Способы и машины междурядной обработки, их требования и габариты. Производительность машин. Повторность обработок.

Требование механизированной перекрестной междурядной обработки.

5. Способы и машины для уборки культур, их требования, характеристики, производительность.

7. Характеристики развития корневой системы и площади питания культуры

Динамика развития и распространения корневой системы в вертикальном и горизонтальном направлении. Площади питания культуры, расстояния между растениями и между рядами растений.

8. Характеристики размеров поливных норм и схемы полива культур

- 1) Большие поливные нормы: $m \geq 1\ 000\ \text{м}^3$ на 1 га.
- 2) Средние поливные нормы: $m =$ от 600 до 900 м^3 на 1 га.
- 3) Малые поливные нормы: $m =$ от 400 до 600 м^3 на 1 га.

Схема полива характеризуется формулой, показывающей распределение поливов применительно к фазам культуры, например, для хлопчатника 2—4—1—два полива до цветения, 4 — в цветение и 1 — в созревание (см. главу о поливных и оросительных нормах).

Только после того, как получены основные характеристики условий, определяющих способ полива, можно приступить к выбору способа полива.

§ 37. Полив напуском

При поливе напуском вода распределяется по поверхности почвы сплошным тонким слоем и впитывается главным образом при движении. Сушествуют следующие разновидности полива напуском:

1) **напуск из поливных канав**, расположенных примерно по горизонталям местности (с минимальным уклоном). В этом типе напуска вода выпускается из поливной канавы вниз по уклону отдельными струями или сплошным слоем, переливающимся через валики канавы;

2) **боковой напуск по полосам из поливных канав**, проходящих вдоль полос, расположенных нормально к горизонталям;

3) **напуск по полосам с выпуском воды в голове полосы**. При этом типе напуска поле разбивается валиками на полосы, расположенные нормально к горизонталям; подача воды в полосы производится в голове полос из поливных канав, идущих с малым уклоном, примерно по горизонталям местности;

4) **комбинированный напуск**, представляющий комбинацию третьего и второго. Здесь выпуск воды на поле производится как из верхних, так и из боковых канав;

5) **напуск по искусственным скатам**. Этот вид напуска отличается главным образом тем, что для полива устраиваются искусственные двусторонние скаты, по гребням которых располагаются поливные канавы, подающие воду.

Первый вид напуска применять нецелесообразно, так как крупными недостатками первого вида напуска являются размыв почвы, трудность равномерного увлажнения почвы, непроизводительная затрата воды. Пятый вид напуска тоже нецелесообразен, так как является весьма дорогим способом. При условии правильного расположения и выравнивании поверхности полос наилучшим видом напуска будет напуск по полосам с головным пуском воды.

Как исключение, применяется напуск комбинированный, т. е. с верхним и боковым пуском воды. Этот тип напуска может применяться только как переходный этап к поливу напуском по полосам с головным пуском воды,

1. Полив напуском по полосам

Полосы делаются узкими и длинными и располагаются своей длинной стороной нормально к горизонталям. Длинные стороны полос делаются параллельными. Необходимым требованием при поливе напуском по полосам является отсутствие поперечных уклонов полос, что достигается планировкой и выравниванием полосы. Допускаемая разность отметок подошв двух валиков в поперечном направлении полос должна быть не более половины толщины слоя воды на полосе. Ширина полосы измеряется между осями продольных валиков. Ширина полосы определяется в зависимости от уклона, струи, планированности поверхности поля, размываемости почвы и ширины захвата с.-х. машин. Для легко размываемых почв, для больших уклонов, для малых струй, при плохом рельефе и микрорельефе ширина полосы уменьшается. Наоборот, для планированного поля, для устойчивых против размыва почв, при малых и средних уклонах и при больших струях ширина полосы увеличивается. Ширина полосы должна быть кратна захвату с.-х. машин, прежде всего ширине захвата сеялки, т. е. $b = n \cdot b_0$, где b — ширина полосы, а b_0 — ширина захвата сеялки.

Длина полосы определяется размером поливной нормы, скоростью впитывания воды в почву, размером струи, продольным уклоном и микрорельефом.

Нормальные размеры длины полос — от 100 до 300 м. Нормальные размеры ширины полос — 7,3—8,4 м, т. е. два захвата тракторной сеялки. На непланированных землях ширину полосы следует назначать равной одному захвату тракторной сеялки. Нормальные размеры струй на 1 пог. м ширины полосы — 3—6 л/сек., отклонения — до 2 и до 10 л/сек.

Наилучшие уклоны для полива напуском по полосам — средние: 0,002—0,005.

Предельные уклоны не установлены, они различны для разных условий, однако можно считать, что минимальный уклон вдоль полос примерно равен 0,001; в конце и начале полос можно допускать безуклонные участки.

При уклонах больше 0,015 полив напуском по полосам будет вызывать большую эрозию.

Для хорошего полива напуском по полосам необходимо планировкой и выравниванием добиться допустимых поперечных и отсутствия отрицательных продольных уклонов полосы.

Выравнивание полос необходимо производить одновременно с устройством валиков; еще лучше, если одновременно производятся работы по выравниванию полосы, устройству валиков и посеву. Для выравнивания полос и устройства валиков применяются утюги и волокуши. Волокуши выравнивают полосы, одновременно с этим делаются валики. Если позволяют тяговые усилия, то за волокушей прицепляются сеялки, которые тут же засевают и полосу и валики. Для засева полос и валиков применяются тракторные сеялки. Валики необходимо делать такими, чтобы высота их после осадки была равна 15—20 см. Откосы валиков — примерно 1 : 1,5 и 1 : 2. Полив напуском по полосам, как правило, нужно производить без сброса, рассчитывая правильное соотношение между длиной полосы, уклоном и струей. Подача воды должна прекращаться в то время, когда вода еще не достигла конца полосы. Момент прекращения подачи воды в полосу можно определить расчетом, опытом и навыком.

Если полив производится со сбросом, то сбрасываемая вода должна использоваться для полива нижележащих полос,

Нужное соотношение между длиной полосы, размером струи, уклоном полосы, водопроницаемостью почвы и размером поливной нормы может быть установлено на основании опытных данных и по методу А. Н. Костякова.

Для первой ориентировки в этом вопросе, задавшись струей, можно подобрать для данных условий соответствующую ей длину полосы. Для продольных уклонов полос более 0,002 для полива без сброса согласованные размеры струи и длины полосы находятся по следующим соотношениям:

$$1) 0,0001m = H; \quad 2) H = k_{cp}(t) \cdot t = \frac{k_1}{1-\alpha} \cdot t^{1-\alpha} = k_0 t^{1-\alpha};$$

$$3) t = \sqrt[1-\alpha]{\frac{H}{k_0}}; \quad 4) t = \frac{q \cdot t}{H}; \quad 5) h = \sqrt{\frac{q}{c}}; \quad 6) v = c \cdot h;$$

$$7) c = \text{от } 20\sqrt{J} \text{ до } 40\sqrt{J}$$

m — заданная поливная норма в кубических метрах на 1 га;
 q — струя (в кубических метрах в секунду) на 1 пог. м ширины полосы;

H — слой воды в метрах, соответствующий размеру поливной нормы. Этот слой должен быть равен слою воды, впитавшемуся в почву за время t секунд, считая от начала полива;

t — время полива полосы в секундах;

h — слой воды (в метрах) в голове полосы;

J — уклон полосы, предполагаемый однообразным на всей длине полосы;

l — длина полосы в метрах;

$k_{cp}(t)$ — средняя скорость впитывания воды в почву за время t секунд (в метрах в секунду);

k_1 — скорость впитывания в конце первой единицы времени; определяется при сплошном слое воды на поверхности почвы;

v — скорость движения воды (в метрах в секунду) в голове полосы; допустима в пределах до 0,15 м/сек.;

c — коэффициент, равный от $20\sqrt{J}$ до $40\sqrt{J}$;

α — показатель степени в зависимости $k_t = \frac{k_1}{t^\alpha}$;

$\alpha = 0,3-0,7$.

2. Пример подбора согласованных размеров длины полосы и струи

Дано:

поливная норма $m=800$ м³; $0,0001 m=H$ м=0,8 м.

Почва средней водопроницаемости. Слой воды $H(t)$, впитывающейся в почву за определенное время, выражен в виде интегральной кривой, на которой по оси абсцисс отложено время в секундах, а по оси ординат — соответствующий слой впитавшейся воды. Скорость впитывания выражена кривой (чертеж 79):

$$k(t) = \frac{k_1}{t^\alpha}.$$

$k_1=0,0008$ м/сек.; $\alpha=0,5$ (кривая впитывания); уклон полосы $J=0,0049$.

Принимаем удельную струю (на единицу ширины полосы) $q = 0,004$ м³/сек. По кривой впитывания определяем, сколько времени нужно подавать воду в полосу, чтобы в голове полосы впитался слой

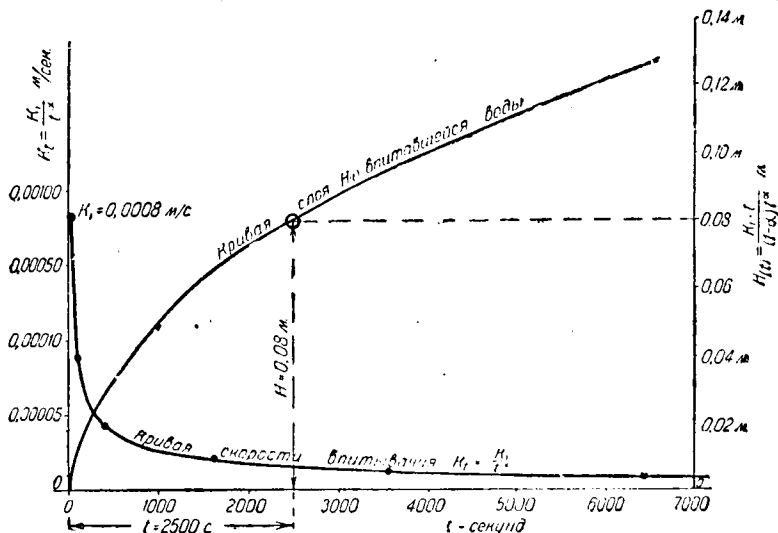


Рис. 79.

воды, равный H м, т. е. слой, отвечающий размеру поливной нормы. По кривой впитывания $t = 2500$ сек. и по формуле скорости впитывания

$$t = \sqrt[1-\alpha]{\frac{H(1-\alpha)}{k_1}} = \sqrt[1-\alpha]{\frac{0,08 \cdot 0,5}{0,0008}} = 2500 \text{ сек.}$$

Тогда

$$l = \frac{q \cdot t}{H} = \frac{0,004 \cdot 2500}{0,08} = 125 \text{ м.}$$

Далее определяем h и v по формулам:

$$h = \sqrt{\frac{q}{c}} = \sqrt{\frac{0,004}{30 \cdot \sqrt{0,0049}}} = 0,045 \text{ м} = 4,5 \text{ см.}$$

$$v = 30 \sqrt{J} \cdot h = 30 \cdot 0,07 \cdot 0,045 = 0,095 \text{ м/сек.} = 9,5 \text{ см/сек.}$$

Допустимая скорость $v_{пр} = 0,15$ м/сек.

Приведенный примерный расчет позволяет сделать только первый подбор двух величин q и l , т. е. найти по одной заданной величине другую согласованную, но полного расчета движения воды и увлажнения по всей длине полосы приведенные расчеты не дают. Практически, имея довольно ограниченный диапазон поливных струй и еще более сужая его путем применения крупных струй только на малых и

средних уклонах, подбор длин и струй в первом приближении можно сделать довольно хорошо.

Более детальный способ расчета струи и длины полосы приведен в книге «Основы мелиорации» А. Н. Костякова. Размеры длин полос и отвечающие им струи для некоторых случаев приведены, как пример, в нижеследующей таблице.

Таблица размеров длины полосы и удельной струи (на 1 м ширины полосы) для различных почв и уклонов и полива без сброса, определенных по приведенным выше соотношениям

Характер почвы и слой впитывания за первый час полива	Уклоны полосы	$m = 600 \text{ м}^3 \text{ на 1 га}$		$m = 800 \text{ м}^3 \text{ на 1 га}$	
		Величина удельной струи в литрах в секунду (q)	Длина полосы в метрах (l)	Величина удельной струи в литрах в секунду (q)	Длина полосы в метрах (l)
Почвы, имеющие большую скорость впитывания. За первый час полива $H_1 > 0,15 \text{ м/час}$. Например, $H_1 = 0,18 \text{ м/час} = k_0$	Малые и средние	5—6	40	6	53
	Большие	3	20	3	27
Почвы, имеющие среднюю скорость впитывания. За первый час полива $H_1 < 0,15$, но $> 0,05 \text{ м/час}$. Например, $H_1 = 0,072 \text{ м/час} = k_0$	Малые и средние	5	210	5	276
	Большие	4	170	4	222
Почвы, имеющие малую скорость впитывания. За первый час полива $H_1 < 0,05 \text{ м/час}$. Например, $H_1 = 0,036 \text{ м/час} = k_0$	Малые и средние	2	330	1,5	330
	Большие	2	330	1,5	330

Примечание. Для всех почв условно принято $\alpha = 0,5$; расчеты произведены при указанных значениях k_0 или H_1 .

8. Применение полива напуском по полосам

Полив напуском по полосам применяется для культур узкорядного посева.

Недостатком полива напуском по полосам является разрушение структуры почвы особенно при больших удельных струях (q), образование корки на поверхности орошаемого поля, а также смыв и перенос мелких частиц почвы струей воды.

При поливе напуском необходимо равномерное движение воды по всей ширине полосы. Поэтому особенное внимание должно быть обращено на планировку и выравнивание полос. При недостаточном выравнивании полос применяется узкая полоса.

§ 38. Полив по бороздам

Сущность полива по бороздам заключается в следующем. На орошаемом поле параллельно друг другу нарезаются окучником или специальными бороздоделателями борозды глубиной от 12 до 25 см. Для подачи воды в борозды устраиваются временные поливные каналы, которые прижимают к постоянным картовым оросителям. Вода из постоянных картовых оросителей через временные поливные каналы мелкими струями через трубочки распределяется поливальщиками в борозды и, протекая по ним, впитывается в дно и стенки борозд, увлажняя почву.

Этот способ полива соответствует главным образом широкорядным и ленточным посевам культур, в междурядьях которых можно без потери площади нарезать борозды, однако полив по засеваемым бороздам и мелким узким бороздам позволяет расширить применение их и для культур узкорядного посева.

По размерам глубины и ширины различаются борозды:

а) Мелкие узкие борозды, глубиной 12—15 см, шириной поверху 30—35 см. Эти борозды нарезаются культиватором или окучником.

б) Мелкие широкие борозды, глубиной 12—15 см, шириной 40—45 см. Нарезаются окучником, с широко расставленными крыльями.

в) Глубокие узкие борозды, глубиной 18—20 см, шириной поверху 35—40 см; нарезаются окучниками.

г) Глубокие широкие борозды, глубиной в среднем 20 см (18—25 см), шириной поверху 45—50 см; нарезаются окучниками с крыльями в два прохода и листерами.

По способу распределения воды различаются борозды:

а) Сквозные или открытые борозды, в которых вода впитывается в дно и стенки борозд при движении воды по борозде. Для равномерности распределения воды при сквозных бороздах нужна малая струя; полив обычно производится со сбросом (примерно 10—30% от подающей нормы), причем этот сброс нужно использовать в нижеследующих бороздах (или оросителях). Струя к концу полива уменьшается для уменьшения сброса. Борозды располагаются нормально к горизонталям местности.

б) Тупые борозды (без сброса). Тупые борозды делаются с уклоном от 0,001 до 0,005. Струи в эти борозды даются более крупные, чем в борозды сквозные. Увлажнение почв в этих бороздах происходит сначала при движении воды, а затем в состоянии покоя.

Полив по сквозным бороздам производится следующим образом. Из поливной канавы, обязательно через отверстие щитка или через трубочку, в борозду подается струя воды размером от 0,1 до 0,3—0,5 л/сек. Струя продвигается по уклону до конца борозды, полив в это время не останавливается, а продолжается и часть подаваемой воды идет в нижележащую поливную канаву или в нижележащий ороситель.

Полив по тупым бороздам производится без сброса, причем здесь возможны два способа распределения воды. Если тупые глубокие борозды имеют малый уклон, порядка 0,0005—0,002, и имеют длину 20—100 м, то полив их производится через отверстия щитков, через трубку или прорез дамбочки поливной канавы крупной струей, порядка 1—2 л/сек. Задача полива заключается в быстром заполнении всей борозды водою. Полив прекращается, как только борозда будет заполнена. Главная масса воды в такой борозде впитывается в почву после окончания подачи воды, т. е. в состоянии покоя.

Если тупые глубокие борозды имеют средний уклон, от 0,001 до 0,005, и длину порядка 100—250 м, то полив их производится через отверстия питков или через трубочки струей порядка 0,3—1 л/сек. Когда вода в борозде продвинется примерно на $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ длины борозды (по расчету и опыту), струя в борозду уменьшается в 2—3 раза или подача воды вовсе прекращается, а увлажнение нижней части борозды происходит за счет воды, оставшейся в борозде. Полив и здесь производится без сброса. Однако, в отличие от коротких малоуклонных борозд, основное количество воды в этих бороздах впитывается в состоянии движения.

Таким образом, тупые глубокие борозды имеют две разновидности:

1) тупые глубокие малоуклонные короткие борозды, иногда называемые затопляемыми бороздами;

2) тупые глубокие длинные борозды.

В дальнейшем первые называются тупые глубокие короткие борозды, а вторые — тупые глубокие длинные борозды.

1. Расстояния между осями борозд

Расстояние между бороздами определяется площадью питания, водопроницаемостью почвы и шириной междурядий растений. На почвах значительной водопроницаемости контур промачивания под бороздкою получается вытянутым книзу, а на средних и тяжелых почвах пути горизонтального и вертикального продвижения воды примерно одинаковы. Поэтому нормальные расстояния между бороздами по условиям промачивания определяются такими средними цифрами: для значительно водопроницаемых почв можно дать расстояние между бороздами 0,5—0,6 м, для глинистых — 0,9—0,8 м, средних суглинистых — 0,8—0,7 м. Эти расстояния в свою очередь должны быть определены площадями питания и междурядьями культуры. При тупых глубоких бороздах расстояние между бороздами можно увеличить примерно на 10 см.

2. Уклоны борозд

1) Борозды сквозные со сбросом — располагаются нормально к горизонталям. Пределы колебаний уклона их — 0,003—0,02.

2) Борозды длинные тупые имеют средние уклоны — 0,002—0,004, пределы колебаний — 0,001—0,006.

3) Борозды короткие тупые — средний уклон 0,001; пределы колебаний — 0,0005—0,002.

3. Расположение борозд

Существует три основных способа расположения борозд:

а) борозды нарезаются нормально к горизонталям, т. е. располагаются по направлению наибольшего ската поверхности;

б) борозды нарезаются поперек ската, примерно по горизонталям, с очень малым уклоном;

в) борозды нарезаются под острым углом к направлению горизонтальной ската (косые борозды).

Произвольный выбор направления борозд недопустим. Направление борозд и их уклон определяют направление постоянных картовых оросительных каналов, параллельно которым производится работа машин и орудий. Направление и уклон борозд определяют размеры планировки, оказывают влияние на затраты труда и производительность его.

В условиях механизированного хозяйства колхозов и совхозов для повышения производительности машин и орудий необходимы длинные

гоны, порядка 500—1 000 м, в соответствии с чем и устраиваются карто-вые оросители. Отсюда вытекает основное требование к расположению поливных борозд — они должны быть параллельны длинной стороне поливной карты, которая в свою очередь должна быть расположена согласно требованиям выбранного бороздного способа полива.

При средних уклонах местности $\leq 0,002$ возможно различное расположение борозд; направление борозд здесь назначается, исходя из расположения оросительной сети, направления с.-х. работ и микрорельефа поля; в этом случае борозды целесообразно применять тупые глубокие и полив вести без сброса.

При уклонах местности в пределах от 0,002 до 0,005, при спокойном рельефе и микрорельефе, расположение борозд может быть нормальным к горизонталям или под углом к горизонталям с малым уклоном; в этих случаях тоже применяются тупые глубокие борозды и полив ведется без сброса. При этих же уклонах, но плохом рельефе и микрорельефе, возможно применение сквозных борозд, если планировкой нельзя добиться улучшения рельефа и микрорельефа. При уклонах $> 0,005$ полив без сброса по бороздам, расположенным нормально к горизонталям, затруднен. В этих случаях, при хорошем рельефе и микрорельефе, нужно проектировать борозды поперек ската, косые тупые, а при плохом рельефе и микрорельефе — сквозные.

На сильно водопроницаемых почвах, где особенно затруднен полив мелкими струями, необходимо проектировать тупые борозды поперек ската с тем, чтобы можно было в борозды давать более крупные струи, не опасаясь неравномерности увлажнения борозд.

В условиях очень плохих рельефов и микрорельефов, с частыми изменениями повышений и понижений возможно применение различных борозд, так как единую схему борозд здесь выдержать трудно.

На уклонах $> 0,02$ полив по бороздам сильно затрудняется вследствие размыва борозд и значительного сброса воды из них.

При узких междурядиях культур (0,5 м), нарезка глубоких борозд затруднена; в этих случаях, если нельзя двустрочным посевом увеличить междурядие, применяются узкие борозды средней глубины.

4. Удельные протяженности борозд на 1 га

Расстояние между осями борозд	0,60 м	..	16 700 м
»	»	»	14 300 »
»	»	»	12 500 »

5. Длины поливных борозд и размеры струи в борозду

Вопрос о правильном сочетании уклона, длины борозды и размера струи наиболее сложен, так как длина борозды находится в связи и с размером струи, и с водопроницаемостью почвы, и с уклоном борозды, и со способом распределения воды в бороздах, и с нормою полива. Комбинируя длину борозды, уклон ее и размер поливной струи, всегда возможно достигнуть и заданного размера поливной нормы и достаточной равномерности увлажнения.

В условиях эксплуатации соотношения между отдельными элементами техники полива по бороздам должны быть установлены, исходя из детального учета всех факторов, определяющих полив, и хозяйственного опыта.

Примерный расчет согласованной длины борозды и размера поливной струи для полива по бороздам без сброса может быть сделан следующим образом:

Пример расчета

Поливная норма — $m = 800 \text{ м}^3/\text{га}$. Расстояние между осями борозд $a = 0,7 \text{ м}$. Уклон борозд $J = 0,0025$. Ширина борозды по дну $b = 0,05 \text{ м}$. Коэффициент откоса борозды $\varphi = 1,0$. Коэффициент шероховатости борозды $\gamma = 3,0$. Скорость впитывания воды в борозду, измеренная в бороздах, аналогичных проектируемым и при аналогичных условиях, отнесенная к смоченному периметру борозды, определяется как:

$$k(t) = \frac{k_1}{t^2} = \frac{0,04}{t^{0,5}} \text{ м/час.}$$

Борозды глубокие узкие поливаются без сброса. Задаемся глубиной воды в борозде; она не должна превышать половины глубины борозды. Пусть $h = 0,08 \text{ м}$. Тогда:

p — смоченный периметр $= b + 2h\sqrt{1 + \varphi^2} = 0,28 \text{ м}$;

ω — живое сечение борозды $= (b + \varphi h) \cdot h = 0,01 \text{ м}^2$;

R — гидравлический радиус $= \frac{\omega}{p} = 0,036 \text{ м}$;

v — скорость воды в голове борозды $= c\sqrt{RJ} = 0,05 \text{ м/сек.}$;

v — должно быть меньше $0,10 \text{ м/сек.}$;

q — расход воды в борозду $= \omega \cdot v = 0,0005 \text{ м}^3/\text{сек.}$;

t — время полива в часах $= \left[\frac{0,0001 \cdot m \cdot a \cdot (1 - a)}{k_1 p} \right]^{\frac{1}{1 - a}} = 6,25 \text{ час.}$;

$$l = \frac{q \cdot 3600 \cdot t}{0,0001 \cdot m \cdot a} = 201 \text{ м} \approx 200 \text{ м.}$$

Расчет коротких глубоких малоуклонных борозд (затопляемых) значительно проще. Необходимо, чтобы превышение начала борозды над концом ее ($\Delta \cdot h$) было не более половины общей глубины борозды и уклон вдоль борозды был однообразным и не превышал $0,002$. Тогда задача полива при таких бороздах будет состоять в том, чтобы как можно скорее наполнить борозду без размыва ее и перелива воды через гребни борозд.

6. Применение бороздного полива

Полив по бороздам применяется для всех широкорядных культур (технические, овощные культуры, сады, виноградники). Полив по бороздам применим при самых разнообразных условиях рельефа и уклонов, при условии планировки поля.

Полив по бороздам применяется для незасоленных и слабо засоленных почв.

Для почв средней засоленности применение полива по бороздам также целесообразно ввиду возможности получать при бороздных поливах малые поливные нормы и этим активно бороться с потерями воды. При бороздном поливе на средне засоленных почвах необходимо применять осенне-зимние промывные поливы, а также комбинированные поливы, т. е. поливать по бороздам, а для опреснения давать полив затоплением. Для сильно засоленных почв необходима предварительная промывка почв.

Работы ВНИИГиМ и других опытно-мелиоративных институтов и станций показали возможность поливать по бороздам и узкорядные культуры, в частности, пшеницу. В этом случае борозды должны быть широкие, малой и средней глубины и засеваемые. При ленточных посевах узкорядных культур возможно применение обычных борозд.

Полив по засеваемым бороздам производится так. На подготовленной к посеву площади нарезаются борозды и одновременно производится обычный посев пшеницы. Посев пшеницы производится как между бороздами, так и в бороздах. Для получения однообразной глубины заделки семян сошники сеялки устанавливаются соответствующим образом и во время посева регулируются. * Глубина засеваемых борозд делается примерно 10—16 см, причем борозды должны быть шириной примерно 35—40 см поверху.

§ 39. Полив затоплением

1. Применение способа полива затоплением

Полив затоплением применяется только при поливе риса и при промывке засоленных почв.

На незасоленных, слабо и средне засоленных почвах полив затоплением недопустим, как повышающий затраты воды и дающий сплошную корку, особенно на тяжелых почвах.

Крупным недостатком полива затоплением является разрушение структуры почвы. Полив затоплением для промывки на сильно засоленных почвах может быть применен в комбинации с поливом по бороздам.

Полив затоплением заключается в том, что на орошаемом поле нарезается сеть продольных и поперечных валиков, образующих клетки — чеки, эти чеки заполняются водою из временных поливных канав через специальные водовыпуски или путем простого прореза валиков.

Для равномерного и быстрого затопления чеков внутри их иногда делаются борозды.

2. Системы разбивки чеков

Основных систем три. В первой системе продольные валики нарезают, следуя за горизонталями местности, а поперечные — нормально к горизонталям, в силу чего чеки получаются неправильной формы и различных размеров. Во второй системе как продольные, так и поперечные валики нарезают параллельно друг к другу на одинаковых расстояниях независимо от рельефа. Чеки получаются геометрически правильной формы и одинаковых размеров. В третьей системе продольные валики располагаются параллельно друг другу, образуя в карте продольные полосы.

Расстояния между продольными валиками делаются неодинаковыми в зависимости от поперечного уклона. Расположение валиков (продольных) — примерно по горизонталям местности. Чеки делаются различных размеров длины и ширины.

3. Размеры чека

Для полива затоплением нужен спокойный рельеф и однообразные малые уклоны, примерно от 0,001 до 0,002. Предельный уклон — 0,004.

Разность отметок верхней и нижней границ чека по уклону не должна превышать 0,05 м.

* Подробные указания о посеве по засеваемым бороздам можно найти в «Трудах Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации», а также в брошюре П. Д. Худякова и П. И. Сбитнева «Как организовать и провести полив», Саратов, 1940 г., Облгиз.

Таблица предельных длин чека (размер чека по уклону местности, т. е. нормально к горизонталям)

Уклон	Длина чека в метрах	Примечание
0,0005	40—50	Размеры длины чека, указанные в таблице, близки для почв средней и слабой водопроницаемости. Для почв значительной водопроницаемости предельная длина чека уменьшается.
0,001	50	
0,002	25—20	
0,003	20—15	
0,004	20—10	

Ширину чека, исходя из удобства полива и уменьшения планировочных работ, делают больше длины, так что наилучшим по форме будет прямоугольный чек, вытянутый вдоль горизонталей.

На размеры длины и ширины чеков оказывают влияние почва, размер поливной струи, микрорельеф. Нормальными размерами чеков для почв средних по водопроницаемости можно считать 0,1 га, для водопроницаемых почв площадь чека уменьшается до 0,05 га. На размеры чека оказывают влияние и размеры поливной нормы. При нормах порядка 600—800 м³ на гектар размеры чека необходимо уменьшать против указанных ввиду трудности равномерного распределения таких небольших норм.

При поливе затоплением для равномерности увлажнения чека требуется большая струя, порядка 40—80 л/сек. Однако такие струи допустимы только в том случае, когда временные поливные каналы не лежат на пути движения машин и орудий при промежуточных работах и уборке, в противном случае размеры поливной струи не превышают 30—40 л/сек. При проектировании чека необходимо согласовать его размеры с размерами поливных струй.

4. Размеры валиков

Продольные валики должны быть прочными и не размываться водой. Высота продольных валиков делается такой, чтобы она после уплотнения была равна \approx 20 см. Поперечные валики делаются 15—20 см высоты. Валики, не лежащие на пути движения машины, делаются узкими, с откосами 1 : 2. Валики, через кофьры будут переходить машины, делаются пологими, широкими, с откосами 1 : 3. Указанные размеры валиков предусматривают средние поливные нормы, планированные чеки. При недостаточно планированных чеках, а также при промывках и при больших нормах размеры валиков устанавливают, исходя из условий микрорельефа, размера чека и размера нормы. Валики обязательно засеваются.

§ 40. Расположение и арматура временной внутрикартовой сети

Схемы расположения поливных каналов и борозд при различных типах бороздных поливов показаны на чертежах 80, 81, 82, 83. Схемы расположения поливных каналов и полос при поливе напуском по полосам показаны на чертежах 84, 85. Схемы расположения поливных каналов и чеков при поливе затоплением показаны на чертежах 86, 87.

а) Сеть поливных каналов и арматура на них служат для проведения поливов внутри карты, поэтому конструкция и арматура поливных каналов

должны соответствовать задаче правильной организации полива на карте; они не должны создавать препятствий для с.-х. машин и орудий, не должны снижать их производительности и должны всемерно способствовать повышению производительности труда при поливах.

б) Поливная канава должна располагаться по возможности нормально к направлению поливных борозд и полос, нарезанных параллельно длинной стороне поливной карты, и иметь необходимый уклон.

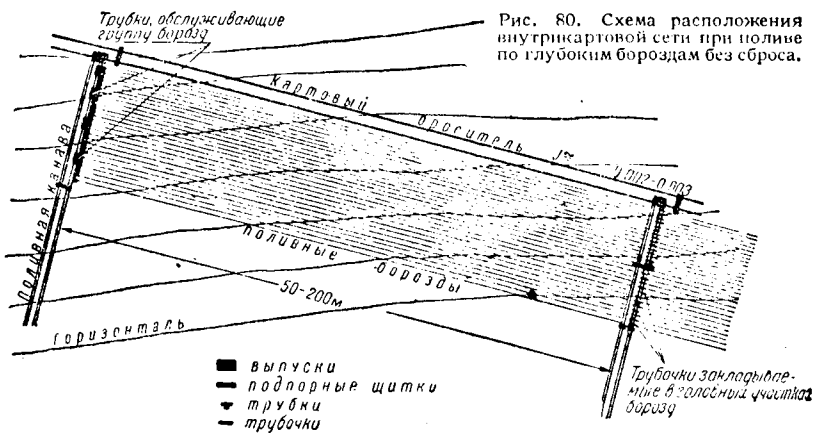


Рис. 80. Схема расположения внутрикартовой сети при поливе по глубоким бороздам без сброса.

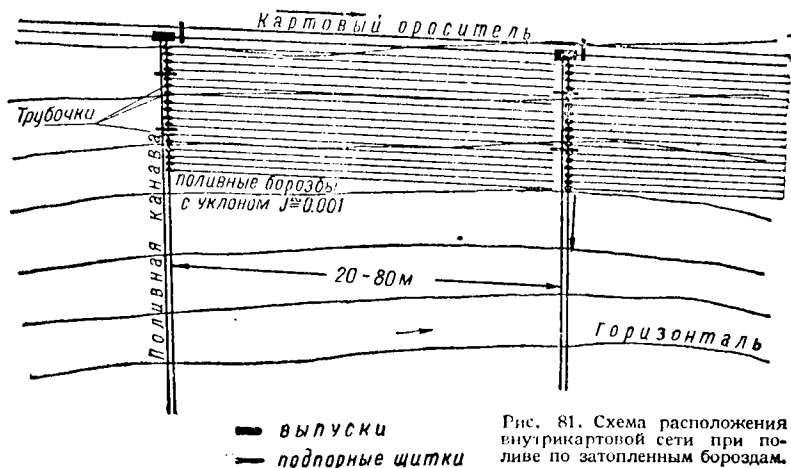
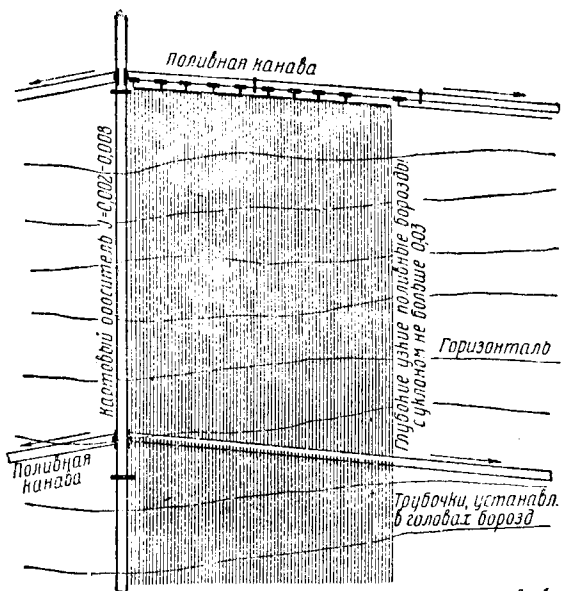


Рис. 81. Схема расположения внутрикартовой сети при поливе по затопленным бороздам.

г) Дл на поливной канаве определяется шириной поливной карты. Обычные длины — 100—200 м.

г) Вопрос быстрого и равномерного распределения воды по бороздам и полосам является основным вопросом проектирования внутрикартовой сети. Для равномерного распределения воды между поливными бороздами применяются переносные трубочки или щитки с отверстиями,



Примечание: при уклонах больше 0,008 картвый ороситель проектируется наискось к горизонталям

Т Трубки | Щитки — Выпуски

Рис. 82. Схема внутрикартовой сети при поливе по бороздам со сбросом.

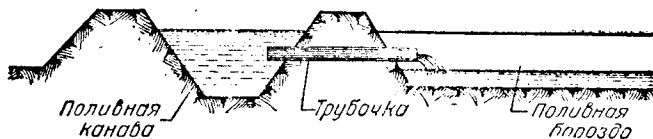


Рис. 83. Выпуск воды в борозду через трубочку.

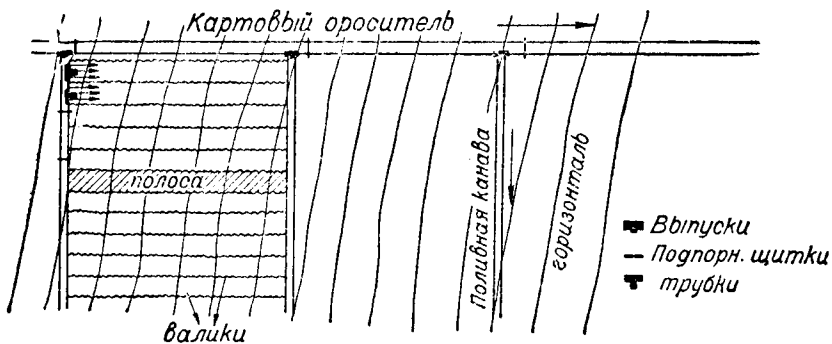


Рис. 84. Схема внутрикартовой сети при поливе напуском по полосам.

закладываемые в голову каждой борозды. Если трубочек по каким-либо причинам нет, то распределение воды по бороздам производится из вспомогательных борозд, параллельных поливной канаве; каждая вспомогательная борозда обслуживает 5 поливных борозд.

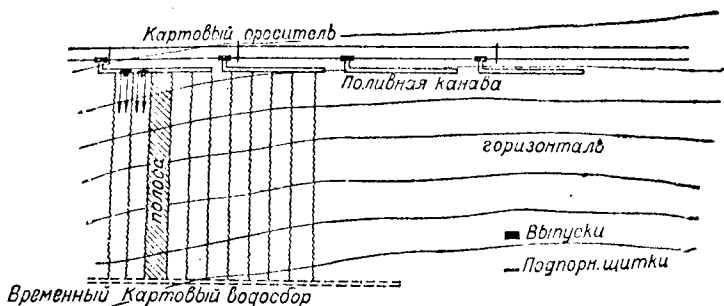


Рис. 85. Схема внутрикартовой сети при поливе напуском по полосам.

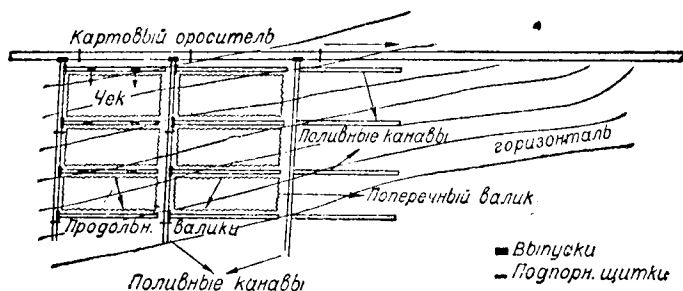


Рис. 86. Схема внутрикартовой сети при поливе затоплением.

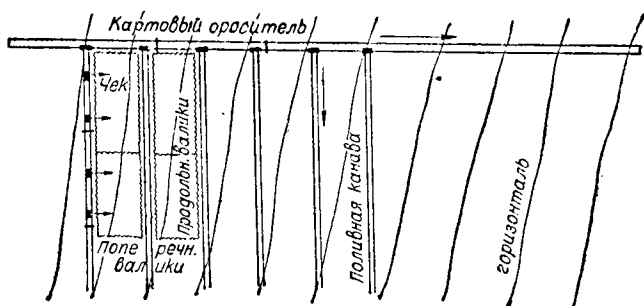


Рис. 87. Схема внутрикартовой сети при поливе затоплением.

В эти вспомогательные борозды вода из поливных канав подается через выпуски-трубки; один выпуск-трубка обслуживает 5 борозд. В полосы вода выпускается через переносные трубки.

В поливных канавах вблизи выпусков обязательно применение подпорных щитков или перемычек.

Выпуски и щитки делаются переносными из имеющихся местных материалов. Конструкцию выпусков и подпорных щитков разрабатывают, исходя из конкретных условий.

Из картовых оросителей в поливные каналы вода подается через выпуски.

Обязательными требованиями, предъявляемыми к каждому техническому проекту, должны быть: 1) проект типовой мелкой арматуры на картовой и внутрикартовой оросительной сети, т. е. постоянных и переносных щитков, постоянных и переносных выпусков и трубочек, водомеров и всех приспособлений для облегчения и улучшения полива, 2) проект строительных планировочных работ.

Расходы внутрикартовой сети

Поливные каналы проектируются на расход, равный одной поливной струе p д/сек. Размер поливной струи определяется способом полива, почвами, уклоном, рельефом и организацией работы поливальщиков.

Для бороздного полива поливная струя колеблется от 10 до 30 л/сек.; в зависимости от типа борозд, уклона, поливной нормы и состояния поливной канавы. Для полива напуском по полосам размеры поливной струи берутся крупнее — от 20 до 40 л/сек., в зависимости от уклона поливных канав, ширины полосы, удельной струи на 1 м ширины. Поливные струи >40 л/сек. могут быть приняты только при поливных канавах, параллельных картовому оросителю и не лежащих на пути машин.

Поливные каналы рассчитываются на полив в несколько тактов; причем число тактов (n) на поливной канаве определяется из следующей формулы:

$$n = \frac{B \cdot q}{b \cdot p} ;$$

Здесь: B — ширина карты в метрах;

b — расстояние между осями борозд или расстояние между осями полос при напуске в метрах;

q — струя в одну борозду или одну полосу в секундолитрах;

p — струя, даваемая в поливную канаву (поливной модуль) в секундолитрах.

Картовые оросители рассчитываются на однотактную или на многотактную работу, в зависимости от расхода картовых оросителей, от длины борозд и полос и расхода поливных канав. При поливе по длинным бороздам целесообразно применять однотактный полив. При поливе короткими бороздами неизбежен многотактный полив. Число тактов на картовом оросителе (n') определяется из следующей формулы:

$$n' = \frac{L \cdot p}{l \cdot Q_k} ;$$

где n' — целое число;

L — полная длина поливной карты в метрах;

l — средняя расчетная длина борозды или полосы в метрах;

Q_k — расход-нетто картового оросителя в секундолитрах;

p — расход поливной канавы в секундолитрах.

Для увязки принятых размеров ширины карты, поливной струи, времени полива карты и длины поливных полос и поливных борозд рекомендуется проверить расчетные величины по формуле:

$$n \cdot l \cdot B = 864\,000 \frac{p \cdot t}{n'}$$

Здесь: B — ширина карты при одностороннем командовании картового оросителя и половина ширины карты при двустороннем;
 p — поливная струя в секундолитрах;
 t — время полива карты в сутках;
 m — расчетная поливная норма в кубометрах на гектар;
 l — расчетная средняя длина поливных бороздили полос в метрах;
 n' — число тактов на картовом оросителе.

При разработке проекта постоянной и временной оросительной сети обязательно должны быть запроектированы типовые постоянные и временные мелкие сооружения, водовыпуски из картовых оросителей, водовыпуски из поливных канав, перегораживающие сооружения на картовых оросителях и поливных канавах, служащие для правильного распределения воды на поливных картах.

ГЛАВА VIII

НОМЕНКЛАТУРА, РАСПОЛОЖЕНИЕ, РАСЧЕТНЫЕ РАСХОДЫ И ГОРИЗОНТЫ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

§ 41. Номенклатура оросительных каналов

Магистральным называется канал, принимающий воду из источника орошения и передающий ее в ветви и распределители.

Примечание. В отдельных случаях, на мелких системах, магистральный канал может передавать воду и непосредственно в оросители.

Ветвью магистрального канала называется канал, получающий воду из магистралы, обслуживающий отдельный крупный обособленный по характеру рельефа район оросительной системы и передающий воду в распределители.

Распределителем называется канал, получающий воду из магистралы или ее ветви и передающий воду в распределители низшего порядка или в оросители.

Колхозным распределителем называется канал, обслуживающий данный колхоз и передающий воду в групповые внутриколхозные распределители или в картовые оросители.

Групповым или внутриколхозным распределителем называется канал, обслуживающий часть колхоза (группу карт) и устраиваемый там, где подача воды в картовый ороситель из колхозного распределителя целесообразна по условиям рельефа или организационно-хозяйственным.

Картовым оросителем называется канал, подающий воду в поливные каналы (внутрикартовую сеть).

При временном картовом оросителе вода из него может подаваться непосредственно (через трубки) в полосы или борозды.

Холостой частью канала называется участок канала, на котором нет выпусков и который в силу этого предназначен только для транзита воды.

В холодной части магистрального канала особо выделяется головной участок его, служащий для задержания наносов, промывки или для подачи воды на гидроэлектрическую станцию и т. п.

Рабочей частью канала называется участок канала, где производится выделы воды для орошения.

Сокращенные наименования элементов оросительной сети в проектах

Магистральный канал получает то или другое собственное наименование: например, Голодно-стенский, Азизбековский и т. п.

При сокращенном обозначении магистрального канала ему присваивается заглавная буква его наименования с буквой М—например, «Г. М.»

Ветви магистрального канала называются присвоенным им наименованием, например «Южная ветвь», «Правая ветвь», «Левая ветвь».

Сокращенные обозначения ветвей будут соответственно: «Ю. в.», «П. в.», «Л. в.».

Распределители первого порядка называются присвоенным им собственным наименованием, например, «Центральный распределитель»; при сокращенном обозначении в этом случае ему присваивается буква его наименования с буквою «Р», например, «ЦР»; при отсутствии названия распределители первого порядка обозначаются порядковой нумерацией, присоединенной к сокращенному наименованию распределителя, например, Р—1, Р—3, а распределители второго порядка Р—1—2, Р—3—5.

Колхозный распределитель называется по названию обслуживаемого им колхоза, например, распределитель колхоза «Красноармейский». Если название хозяйства еще неизвестно, то распределитель получает сокращенное обозначение: Р—1—2.

Групповые или внутриколхозные распределители называются порядковыми номерами с присоединением сокращенного наименования их распределителя, например, Р—1—3—2, Р—1—2—5.

Картовые оросители обозначаются порядковыми номерами в пределах каждого группового или внутриколхозного распределителя, например, Р—1—3—2—5. Временная внутрикартовая сеть никаких условных обозначений не имеет.

Если в данной системе имеются только четыре звена, т. е. магистраль, колхозные распределители, внутриколхозные распределители и картовые оросители, то сокращенные наименования каналов будут такие:

Магистральный канал — Г. М.

Колхозный распределитель — К. Р. или Р—1, Р—3.

Внутриколхозный распределитель: Р—1—2, Р—2—4.

Картовый ороситель: Р—1—2—4, Р—2—4—5.

Если система состоит из 3 звеньев, то наименования каналов будут:

Магистральный канал — Г. М.

Колхозный распределитель — К. Р. или Р—1, Р—3.

Картовый ороситель — Р—1—1, Р—3—5.

§ 42. Обозначения расчетных площадей в оросительных проектах

Общая (валовая) площадь проекта орошения общ. вал. Размеры общей валовой площади проекта орошения намечаются границами проекта; эти границы определяются пределами командования магистралей, естественными границами, административными и хозяйственными границами и, наконец, условными границами проекта.

Внешние резервы проекта орошения внеш. рез. Под внешними резервами понимаются пограничные с проектом площади, которые могут быть в дальнейшем использованы для развития проекта. Размеры этих внешних резервов устанавливаются ориентировочно и распределяются на две категории: а) внешние резервы, пригодные для развития самотечного орошения; б) внешние резервы проекта, пригодные для развития механического орошения,

Внешние резервы не включаются в общую валовую площадь проекта и исчисляются отдельно.

Орошаемая площадь брутто $\omega_{ор. брутто}$ и неорошаемая площадь $\omega_{неор}$.

Орошаемая площадь-брутто при наличии (в границах проекта) существующего орошения, не требующего коренного переустройства и не связанного с проектной площадью общим питанием, расчленяется на: а) проектную (расчетную) орошаемую площадь-брутто и б) существующую (фактическую) орошаемую площадь-брутто.

Неорошаемая площадь-брутто в границах проекта расчленяется на: а) внутренние резервы, к которым относятся площади неорошаемые, но требующие орошения и пригодные для орошения, б) площади, не требующие по природным и другим условиям орошения и в) неудобные для с.-х. использования земли.

Соотношение между площадями, указанными выше, следующее:

$$\begin{aligned}\omega_{об. вал} &= \omega_{ор. брутто} + \omega_{неор. брутто} \\ \omega_{ор. брутто} &= \omega_{пр. ор. брутто} + \omega_{сущ. ор. брутто} \\ \omega_{неор. брутто} &= \omega_{пуд. брутто} + \omega_{не треб. ор. брутто} + \omega_{внутр. рез. брутто}\end{aligned}$$

Каждая из трех групп орошаемых площадей, т. е. проектная площадь орошения, существующая площадь орошения и внутренние резервы орошения, должна быть расчленена на категории по способам орошения, т. е. на площади самотечного поверхностного орошения и площади механического орошения (и площади других видов орошения, если таковые будут представлены в проекте). Мелкие неорошаемые площади, разбросанные внутри орошаемых площадей, засчитываются в орошаемые площади-брутто и исключаются из расчета потребления воды при определении орошаемых площадей-нетто как выключки.

Орошаемая площадь-брутто складывается из проектной орошаемой площади-нетто плюс отчуждения и выключки, не входящие в расчет потребления воды. Под отчуждениями понимаются отчуждения под каналы и сооружения крупной, мелкой и мельчайшей сети, под дороги, специальные постройки и т. п. Под выключками понимаются мелкие площади, исключаемые из орошения по условиям рельефа или другим. Усадебные места и приусадебные земли не исключаются.

В состав проектной орошаемой площади-нетто входят площади всех культур, включенных в принятые проектом севообороты, а также все внесевооборотные постоянно или периодически орошаемые площади, как-то: поливные лесонасаждения, сады, виноградники, приусадебные огороды и внесевооборотные орошаемые культуры.

Таким образом проектные орошаемые площади брутто и нетто расчленяются на следующие составные части:

$$\begin{aligned}\omega_{пр. ор. брутто} &= \omega_{пр. ор. нетто} + \omega_{отч} + \omega_{выкл} \\ \omega_{пр. ор. нетто} &= \omega_{д. пол. нетто} + \omega_{непол. нетто}\end{aligned}$$

Проектная орошаемая площадь-нетто, так же как и площадь-брутто, расчленяется по способам орошения на площади самотечного и механического орошения. Аналогично с проектной орошаемой площадью расчленяется и существующая орошаемая площадь.

Примерная форма таблицы подсчета площадей проекта орошения дана ниже (см. примерную таблицу подсчета площадей проекта орошения):

Примерная таблица подсчета

(все площади)

Проектная площадь нового орошения									Существующая оро			
Самотечное ороше- ние				Механическое орошение				Итого проектная пло- щадь нового орошения брутто — нетто	Самотечное орошение			
проектная пло- щадь (нетто)	отчуждения	выключки	самотечное оро- шение (брутто)	площадь нетто	отчуждения	выключки	механическое орошение(брутто)		площадь нетто	отчуждения	выключки	итого самотечное орошение (брутто)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8 300	1 100	200	9 600	925	130	25	1 080	$\frac{10\ 680}{9\ 225}$	а) Требуемая коренного , по проектом общим питанием щадь) 1 700 | 400 | 100 | 2 200 б) Не требующая коренного ная с проектом общим пи 5 000 | 750 | 150 | 5 900			

Коэффициент использования земли для орошения:

$$K_1 = \frac{\omega_{\text{нетто пр. ор.}} + \omega_{\text{нетто сущ. ор.}}}{\omega_{\text{об. вал.}}} = \frac{16\ 100}{22\ 990} = 0,7$$

§ 43. Отчуждения под ирригационную и дорожную сеть для каналов в земляном русле

1. Приводимые ниже размеры отчуждения под ирригационную и дорожную сеть предназначены только для предварительных исчислений площади-нетто при составлении проектов орошения. При наличии составленного проекта полосы отчуждений исчисляются по проекту.

2. Составляющими полос отчуждения являются: каналы, кавальеры, бермы между краями кавальеров и бровкой канала, бермы между бровками каналов и бровками резервов, резервы, водосборы, кюветы, дороги, предохранительные валики, площади, выделяемые для каких-либо хозяйственных надобностей (рис. 88).

3. Глубина резерва вдоль магистральной и распределительной сети для предварительных расчетов принимается в 0,75—1,00 м, вдоль групповых распределителей — 0,50 м, вдоль картовых оросителей резервы не учитываются, так как они должны быть распаханы. Откосы резервов принимаются для предварительных расчетов одиночными. Кавальеры принимаются трапецидального и треугольного сечения.

площадей проекта орошения
в гектарах)

Механическое орошение				Итого существующее орошение $\frac{\text{брутто}}{\text{нетто}}$	Удобн. неор. пл.			Неудобные земли	Неорошаемые земли	Общая валовая площадь проекта	Внешние резервы проекта
площадь нетто	отчуждения	выключения	итого механическое орошение (брутто)		Внутренние резервы		не требующие орошения площади				
				самочетное орошение (брутто)	механическое орошение (брутто)	19		20	21	22	23	24	25
14	15	16	17	18							
75	20	5	100	$\frac{2\ 300}{1\ 775}$							
реустройства и связанная с (включая орошаемую площадь)											
100	10	—	110	$\frac{6\ 010}{5\ 100}$	2 000	500	1 000	500	4 000	22 990	10 000
переустройства и не связантанием											

Коэффициент полезного использования орошаемых земель:

$$K_2 = \frac{\omega_{\text{нетто пр. ор.}}}{\omega_{\text{брутто пр. ор.}}} = \frac{11\ 000}{12\ 980} = 0,848.$$

Высота кавальеров трапецидального сечения для расчетов принимается в 1,50 м. Высота кавальеров треугольного сечения зависит от условий производства работы экскаваторами. Откосы кавальеров трапецидального сечения принимаются для расчетов равными 1 : 1.

Деревья и кустарники вдоль ирригационной и дорожной сети не требуют специального отчуждения, если располагаются по краю откосов дамб и кавальеров и по резервам, которые не могут быть спланированы. Специальные лесозащитные полосы исчисляются по соответствующим нормам их отчуждений.

4. Полоса отчуждений под картовый ороситель состоит из отвода под самый канал (между краями внешних откосов) и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения под картовые оросители в полувыемке-полунасыпи исчисляется в зависимости от расхода канала:

$$Q < 0,10 \text{ м}^3/\text{сек.}; b^0 = 4 \text{ м};$$

$$Q = 0,10 \text{ до } 0,15 \text{ м}^3/\text{сек.}; b^0 = 4,5 \text{ м.}$$

5. Полоса отчуждения под колхозный, внутриколхозный (групповой) распределитель в полувыемке-полунасыпи состоит из отвода под самый канал (между краями внешних откосов) и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения исчисляется (при расходе, обозначенном буквой Q):

$$Q = \text{до } 0,20 \text{ м}^3/\text{сек.}; b^0 = 5,0 \text{ м};$$

$$Q = 0,20 - 0,30 \text{ м}^3/\text{сек.}; b^0 = 5,50 \text{ м};$$

$$Q = 0,30 - 0,50 \text{ м}^3/\text{сек.}; b^0 = 6,00 \text{ м}.$$

6. Колхозные, групповые и внутриколхозные распределители в дамбах, объем которых превышает объем выемки, требуют закладки резервов. Полоса отчуждения состоит из отвода под самый канал между краями

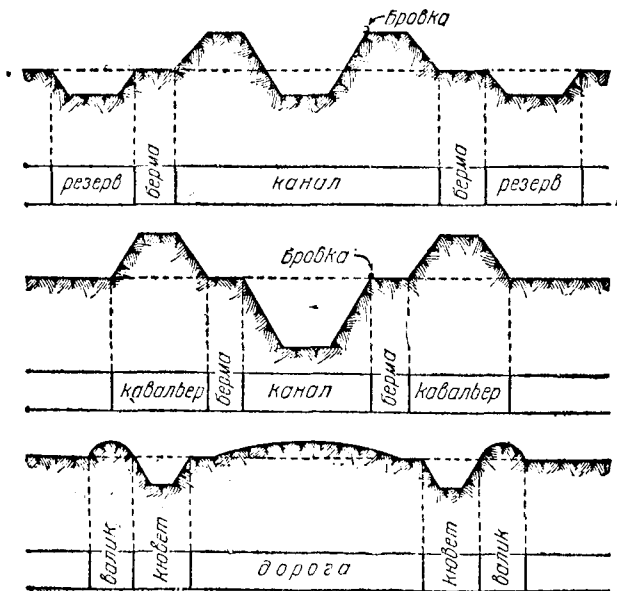


Рис. 88. Полосы отчуждений.

внешних откосов дамб, берм между краями откосов дамб и бровками резервов, резервов и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения исчисляется при:

$$Q = \text{до } 0,20 \text{ м}^3/\text{сек.}; b^0 = 10 \text{ м};$$

$$Q = 0,20 - 0,30 \text{ м}^3/\text{сек.}; b^0 = 10,0 - 13,0 \text{ м};$$

$$Q = 0,30 - 0,50 \text{ м}^3/\text{сек.}; b^0 = 11,0 - 14,0 \text{ м}.$$

7. Полоса отчуждения для крупной сети, проходящей в выемке, состоит из отвода под самый канал, берм между бровками канала и краями внутренних откосов кавальеров, кавальеров и предохранительных площадок.

Полоса отчуждения для крупной сети, проходящей в полувыемке и полунасыпи и дамбах, состоит из самого канала, дамб, берм между краями

и внешними откосами дамб и бровками резервов, резервов и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения под крупную ирригационную сеть (расход до 30 м³/сек.) в грунтах, допускающих скорость до 1 м/сек., при предварительных подсчетах исчисляется в зависимости от ширины канала по дну (*b*) и глубины наполнения канала (*h*) по таблице:

Ширина полосы отчуждения (в метрах) под крупную ирригационную сеть

Характер профиля	Расход в кубометрах в секунду				$\frac{b}{h} = 2$				$\frac{b}{h} = 5$				$\frac{b}{h} = 8$			
	1-5		5-10		10-20		20-30		1-5		5-10		10-20		20-30	
	1-5	5-10	10-20	20-30	1-5	5-10	10-20	20-30	1-5	5-10	10-20	20-30	1-5	5-10	10-20	20-30
Выемка	17	23	30	39	17	24	35	49	17	28	40	55				
Полувыемка	10	16	21	27	11	17	23	29	12	18	25	32				
Заглубление 60%	15	22	28	36	15	20	26	32	—	—	—	—				
» 40%	17	28	38	53	16	24	32	43	10	15	20	27				
» 20%	21	35	52	75	17	30	44	50	17	26	40	57				
Дамбы	26	48	77	106	24	36	53	75	24	36	53	70				

8. Полоса отчуждения для водосборной сети, проходящей в выемке, состоит из отвода под самый водосбор, берм между бровками канала и краями внутренних откосов кавальеров, кавальеров и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения под водосборную сеть в грунтах, допускающих скорость до 1 м/сек., исчисляется по таблице:

Ширина полосы отчуждения (в метрах) под водосборную сеть

Расходы <i>Q</i> м ³ /сек.	Одиночные откосы		Полуторные откосы	
	Кавальеры треугольного сечения	Кавальеры трапециoidalного сечения	Кавальеры треугольного сечения	Кавальеры трапециoidalного сечения
	в метрах			
Групповой водосбор	2-3	2-3	3-4	3-4
0,10-0,50	6,0	11,0	7,0	9,0
0,50-1,00	7,0	11,5	8,0	10,0
1,00-2,00	9,0	12,5	10,0	11,5
2,00-4,00	11,5	14,5	12,0	14,0
4,00-7,00	14,5	18,0	16,0	19,0
7,00-10,00	18,0	21,5	19,5	24,0

9. Полоса отчуждения для грузовой дорожной сети состоит из земляного полотна дороги (до внутренних бровок кюветов), кюветов по обеим сторонам дороги и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения для полевых дорог при площади обслуживания менее 500 га может быть принята в 10 м.

Ширина полосы отчуждения для внутрихозяйственных дорог принимается в 16,5 м.

Ширина полосы отчуждений для эксплуатационных дорог принимается в 3,5 м.

10. Площадь отчуждений под дорожную сеть следует исчислять для предварительных подсчетов от всей площади обслуживания:

для внутрихозяйственных дорог	§	0,70%
» полевых »	§	0,98%
» эксплуатационных »	§	0,32%
Всего		§ 2,00%

11. При определении ширины полосы отчуждения, состоящей из двух или нескольких элементов отчуждения, надлежит учитывать совмещения, как, например, кюветов с водосборами и т. п.

§ 44. Коэффициент использования земли для орошения

Отношение орошаемой площади-нетто к орошаемой площади-брутто сокращенно называется коэффициентом земельного использования.

Площадь орошения-брутто равна площади орошения-нетто плюс площадь отчуждения, как-то: ирригационная и дорожная сеть, резервы и кюветы, мелкие выключения площадей около магистралей и распределителей, коллекторов и крупных дорог, выключения под узловые сооружения на сети и т. п.

Величина коэффициента земельного использования зависит от размера площади системы и от рельефа местности. Чем больше площадь системы, тем меньше коэффициент земельного использования. При рельефе местности, благоприятствующем проведению ирригационной сети в полу-выемке-полунасыпи, коэффициент земельного использования наибольший; при рельефе местности, вынуждающем проводить ирригационную сеть в дамбах, подсынном дне и т. п., коэффициент земельного использования наименьший.

Для предварительных подсчетов принимают для системы с площадью командования до 30 000 га отчуждения под ирригационную дорожную сеть, под древесные насаждения и мелкие выключки в следующих размерах:

Площадь отчуждения для предварительных подсчетов

Площадь командования системы (в гектарах)	Процент неорошаемой площади	Коэффициент земельного использования
30 000 — 20 000	15	0,85
20 000 — 10 000	13	0,87
10 000 — 1 000	12	0,88
Меньше 1 000	10	0,90

Площадь под усадьбы и приусадебные земли отводится согласно Сталинскому уставу с.-х. артели и соответствующим указаниям Наркомзема и Наркомсовхозов. В указанные выше отчуждения усадьбы и приусадебные земли не входят.

Специальные отчуждения и крупные выключки, показываемые на плане, учитываются каждое отдельно и точно по плану, и при наличии их коэффициент земельного использования уменьшается.

§ 45. Расположение проводящих оросительных каналов (распределителей)

Под проводящими оросительными каналами здесь понимаются все распределители.

Плановое расположение проводящей оросительной сети должно обеспечить возможность правильного конструирования и нормальную эксплуатацию каналов, обеспечить рациональную организацию территории каждого орошаемого колхоза и совхоза, создать условия для правильного использования средств производства социалистического орошаемого хозяйства.

Проект расположения проводящей оросительной сети зависит и определяется целым рядом требований и условий, которым он должен удовлетворять и которые он должен учитывать.

Основными из этих требований и условий являются:

- а) рельеф, уклоны, размеры и конфигурация орошаемой площади;
- б) трасса магистрального канала;
- в) принятая техника полива и, следовательно, принятое расположение картовых оросителей;
- г) технические условия проектирования сети: командование, устойчивость каналов, минимальные потери воды, минимум стоимости и пр.;
- д) границы хозяйств, проектируемые (и существующие) поля севооборота, усадьбы, бригадные и звеньевые участки, лесозащитные полосы, дороги и пр.;
- е) условия правильного использования внутрисистемной гидроэнергии;
- ж) требования рациональной эксплуатации оросительной сети и сооружений.

Ввиду этого проект расположения проводящей сети должен быть частью единого комплексного проекта правильного землеустройства орошаемого массива и советских хозяйств, находящихся на нем.

Рассмотрим в качестве примера несколько схем расположения каналов и основные требования и условия проектирования этих каналов.

Основные варианты расположения магистральных каналов:

- 1) вдоль горизонталей с малым уклоном;
- 2) нормально к горизонталям, по скату местности или по водоразделу.

Основные варианты расположения картовых оросителей:

- 1) вдоль горизонталей, с малым продольным уклоном;
- 2) нормально к горизонталям.

Основные варианты рельефа и конфигурации орошаемой площади.

1) рельеф спокойный, уклоны однообразные; орошаемый участок представляет узкую полосу, вытянутую вдоль магистрали;

2) рельеф спокойный; уклоны разнообразные, участок широкий, ширина участка различная и превышает 4 км;

3) то же, но рельеф сильно пересеченный с резко выраженными водоразделами и тальвегами или холмистый; расстояния между водоразделами и направление их самые разнообразные, ширина участка разнообразная.

1. Основные требования правильной организации территории орошаемых хозяйств

1) Конфигурация орошаемых площадей колхозов должна обеспечивать условия правильной организации территории. Не допускается большая вытянутость орошаемой площади и чересполосица,

2) Усадьбы и приусадебные земли каждого колхоза и хозяйственных единиц совхозов располагаются, как правило, в одном массиве.

3) Усадьбы и приусадебные земли должны быть обеспечены водой для хозяйственных нужд и для орошения приусадебных земель по возможности через особый усадебный распределитель. Вода для питья берется, как правило, из колодцев.

4) Каждое поле севооборота располагается в одном массиве, имеющем однородную почвенно-мелиоративную характеристику.

5) Поле севооборота состоит из одной или нескольких целых поливных карт.

6) Закрепление за бригадами полей севооборота производится как целыми полями, так и частями их. Обеспечивается равномерность нагрузки бригад.

7) Площади, закрепленные за бригадами, должны обеспечить возможность правильной расстановки звеньев.

8) Усадьбы и орошаемые поля должны быть связаны между собой и с транзитными дорогами хорошей дорожной сетью.

2. Основные требования рациональной эксплуатации проводящих оросительных каналов

1. Каждому колхозу, совхозу или отделениям совхоза обеспечивается выдел воды в одной-двух точках, оборудованных водомерами.

2. Выделы воды (хозяйствам) на системе должны быть объединены в минимальное количество распределительных узлов.

3. Все картовые оросители, обслуживающие одно поле севооборота, получают воду из одного колхозного или внутриколхозного распределителя.

4. Распределение воды между внутрихозяйственными единицами (производственный участок, производственная бригада) должно быть наиболее простым и по возможности независимым от соседних внутрихозяйственных единиц.

5. Ко всем сооружениям и каналам проводящей оросительной сети должен быть обеспечен подъезд для осмотра и ремонта их по грузовым или по эксплуатационным дорогам.

Ниже в качестве примера рассматриваются некоторые основные схемы расположения распределителей и дается оценка различных вариантов решения этой задачи.

Схема 1. Трасса магистрального канала располагается вдоль горизонталей с малым продольным уклоном. Орошаемый участок представляет узкую однообразной ширины полосу земли (от 1 до 4 км), вытянутую вдоль магистрального канала. Рельеф участка спокойный. Уклоны однообразные.

В этих условиях возможны следующие основные варианты расположения проводящей сети.

Если картовые оросители нужно трассировать нормально к горизонталям, то получают схемы *1а*, *1б* и *1в*.

При картовых оросителях, расположенных вдоль горизонталей, — схема *1г* и схема *1д* (в елку).

Все эти схемы показаны на чертежах 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95 (см. стр. 141—144).

По удельной протяженности проводящей сети и потерям воды на фильтрацию худшей схемой является схема *1а*, лучшей схемой — *1г*. Остальные схемы занимают промежуточное положение.

Независимый выдел воды каждому хозяйству можно сделать в каждой схеме. При больших площадях хозяйств, может получиться несколько

Магистральный канал - М

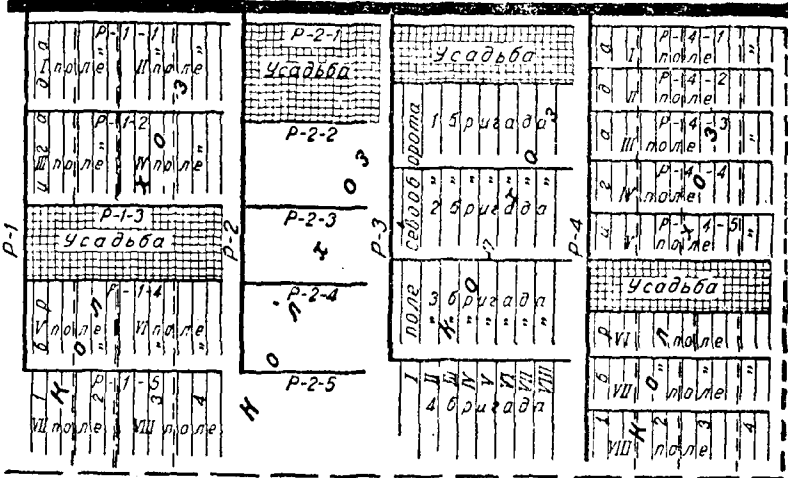


Рис. 89. Схема Ia.

хозяйственных отводов или потребуются объединяющий дополнительный канал, что нежелательно. Схемы с распределителями двустороннего командования (схемы 10 и 16) имеют неорошаемые полосы земли вдоль магистрального канала (заштрихованы). Это их недостаток.

Магистральн. канал - М

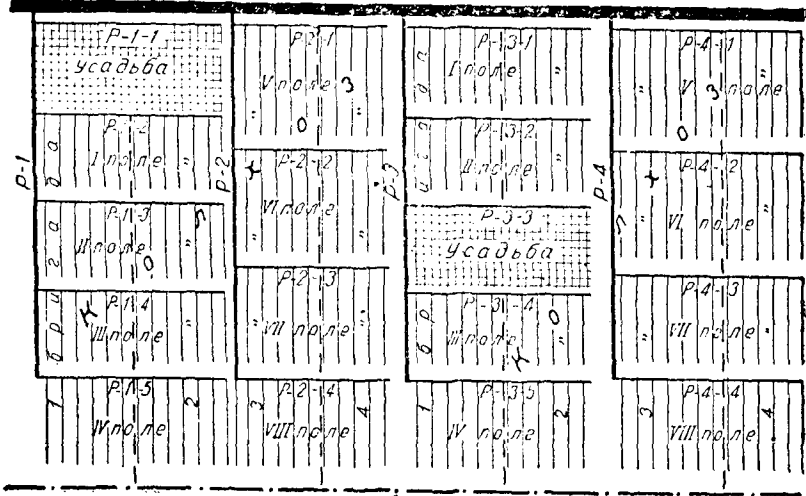


Рис. 90. Схема Ia.

Магистр. канал - М

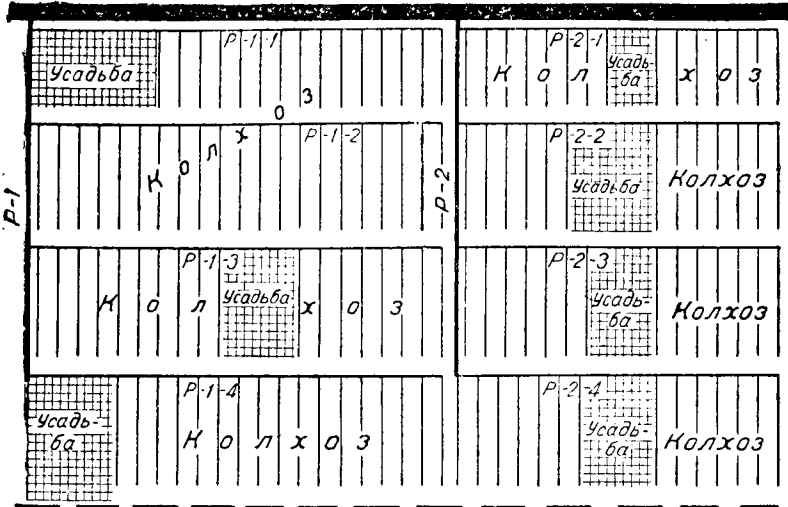


Рис. 91. Схема 1б.

Магистр. канал - М

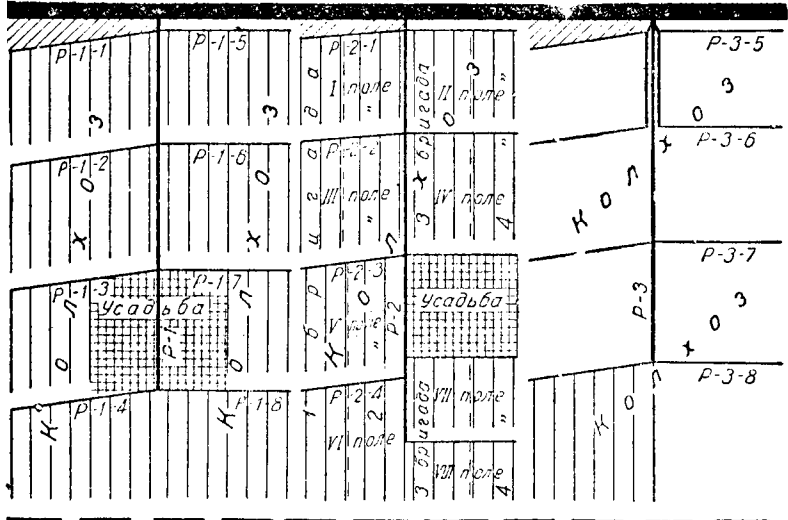


Рис. 92. Схема 1в.

Магистр. канал М

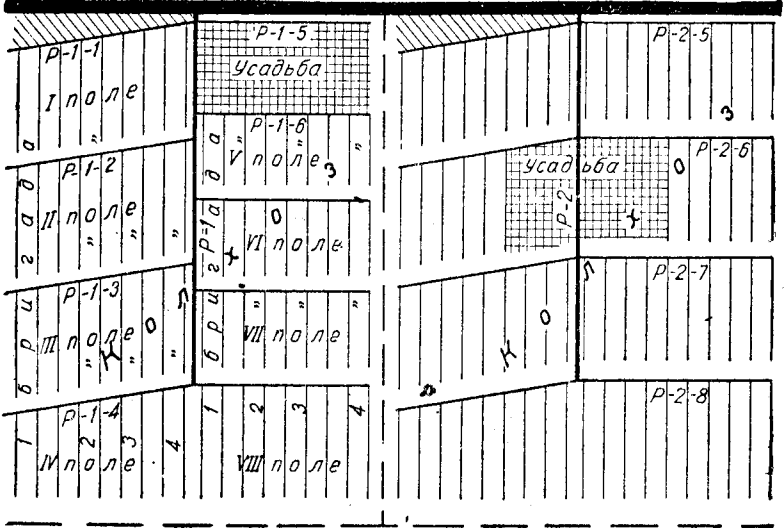


Рис. 93. Схема Ів.

Магистр. канал-М

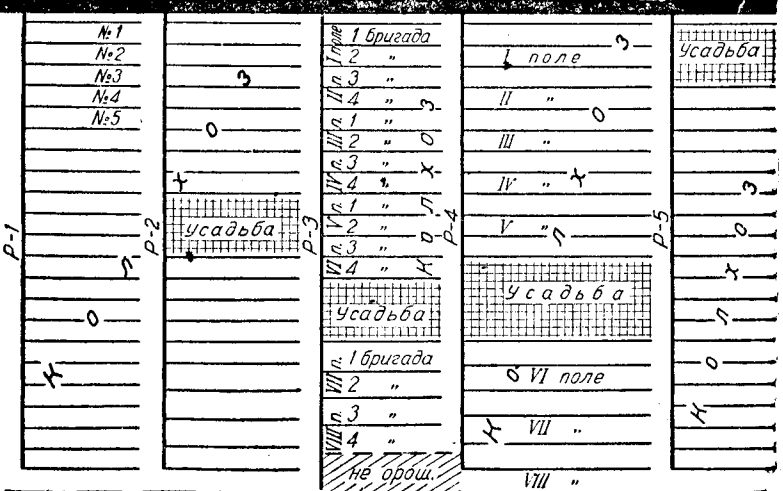


Рис. 94. Схема Іг.

Схемы *1а* и *1в* позволяют дать больше хороших вариантов по организации территории орошаемых хозяйств, лучше разместить поля севооборота, более равномерно распределить их между производственными бригадами. Схемы *1г* и *1д* в этом отношении хуже. Более подробный и полный анализ каждой из схем и окончательный выбор можно сделать только при конкретном проектировании.

Возможные варианты размещения полей севооборота, бригадных участков и усадеб хлопковых колхозов при различных схемах расположения проводящей сети показаны на чертежах 90—95.

В примерах принималось 8 полей севооборота. Усадьбы расположены в одном месте, причем место под усадьбу выбиралось, исходя в каждом конкретном случае из общих условий организации хозяйства и землеустройства. Число производственных бригад — 4. За каждой бригадой

Магистр. канал - М

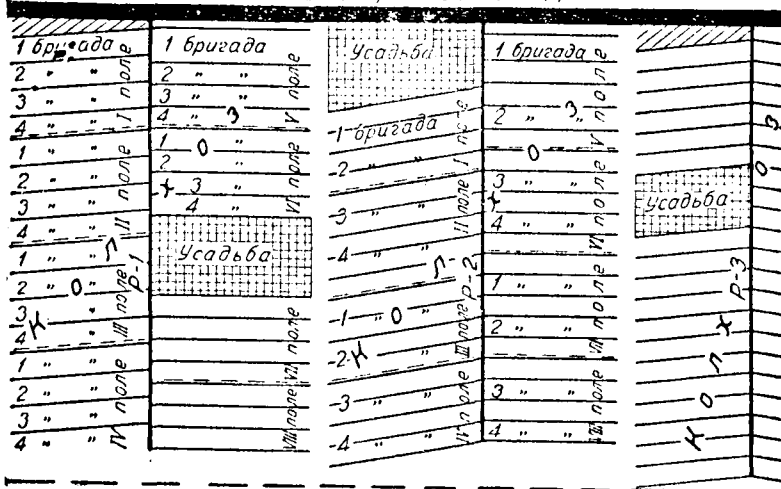


Рис. 95. Схема 1д.

закрепляются по четыре половины поля севооборота (в четырех полях) или по четверти во всех полях севооборота.

Показанные схемы разбивки полей севооборота, усадеб и производственных бригад в хлопковых колхозах позволяют отметить, что схемы *1а* и *1в* более гибки в смысле рационального расположения полей, усадеб, бригад. Они позволяют дать компактные бригадные участки в одном массиве при одновременном закреплении земель за бригадами в нескольких или во всех полях севооборота.

В схемах *1б*, *1г* и *1д* бригадные участки обычно разбросаны по территории колхоза. Деление воды между бригадами и полями в схемах *1а* и *1б* может быть лучше организовано, чем в схемах *1г* и *1д*.

В случае, когда за каждой бригадой необходимо закрепить участки во всех полях севооборота и не ставится условие дать каждой бригаде один массив, задача упрощается, так как различное расположение сети оказывает в этом случае меньшее влияние на размещение бригадных участков. Однако и здесь схемы *1а* и *1в* могут дать лучший результат и создать

компактные бригадные участки при закреплении за каждой бригадой участков во всех полях севооборота. В условиях хлопковых совхозов, где поля севооборота большие и за бригадами возможно закрепление целых полей, задача размещения равновеликих полей и закрепления их за бригадами решается легко.

Для орошаемых колхозов зерновой специализации тоже сравнительно легко найти хороший вариант, так как за бригадами закрепляются большие площади, порядка 200—400 га, число бригад небольшое и за каждой бригадой участки закрепляются во всех полях севооборота.

Схема 11. Рельеф участка сильно изрезан; ширина участка небольшая; конфигурация орошаемой площади неправильная.

Здесь, как и в схеме 1 возможны все пять вариантов сети, только в значительно усложненном виде. Здесь будут иметь место главным образом комбинированные варианты расположения распределителей. В некоторых случаях придется даже отступать от заданного расположения картвых оросителей, особенно если трасса их задана по направлению горизонталей, так как это расположение картвых оросителей здесь будет связано с неправильной конфигурацией карт и различной величиной их площади. Кроме того, и полив по бороздам с малым уклоном, расположенным вдоль горизонталей, здесь будет затруднен плохим микрорельефом.

В этих условиях значительно труднее найти хороший вариант размещения полей, бригад и усадеб. Резко выраженный рельеф, изрезанность его тальвегами и водоразделами в значительной мере предопределяет трассу оросительных каналов.

Схема 111. Трасса магистрального канала располагается вдоль горизонталей. Участок представляет широкую, более 4 км, полосу правильной конфигурации, вытянутую вдоль магистрального канала. Рельеф спокойный, уклоны однообразные.

В этих условиях возможны две основные схемы, т. е. схема 111а и схема 111б (рис. 96 и 97).

При небольших площадях хозяйств, меньше 400 га, хорошие варианты решения дает схема 111б, при которой крупные распределители расположены в несколько ярусов. При схеме 111а могут получаться чрезмерно вытянутые площади колхозов или колхозы будут иметь много точек выдела воды; при этом выделы будут располагаться не на магистрали, а на межколхозных распределителях, идущих нормально к горизонталям.

При схеме 111б площадям колхозов можно придать любую конфигурацию и принять любую нужную схему для внутриколхозной сети; т. е. схемы 1а, 1в, 1г, 1д. Хорошее решение задачи в схеме 111а можно получить при расположении колхозной сети по схеме 1а и 1в. Схемы 1г и 1д здесь будут давать неудовлетворительное решение задачи в смысле эксплуатации оросительных каналов.

При больших площадях колхозов, при орошении совхозов, при картвых оросителях, трассированных нормально к горизонталям, хорошее расположение сети можно получить по схеме 111а, варианты 1а и 1в.

Если в этих условиях картвые оросители необходимо располагать по горизонтали, тогда лучше применить схему 111б, т. е. разбить орошаемую площадь на 2—3 яруса для уменьшения длины групповых распределителей. Особенно это необходимо, если уклон местности будет более 0,003 и на больших групповых распределителях потребуется много перепадов.

Схема 111а при расположении внутриколхозной сети по схемам 1г и 1д дает минимальные потери воды в колхозных и групповых распределителях, а также дает минимальную удельную протяженность распределителей.

Магистральный канал - М

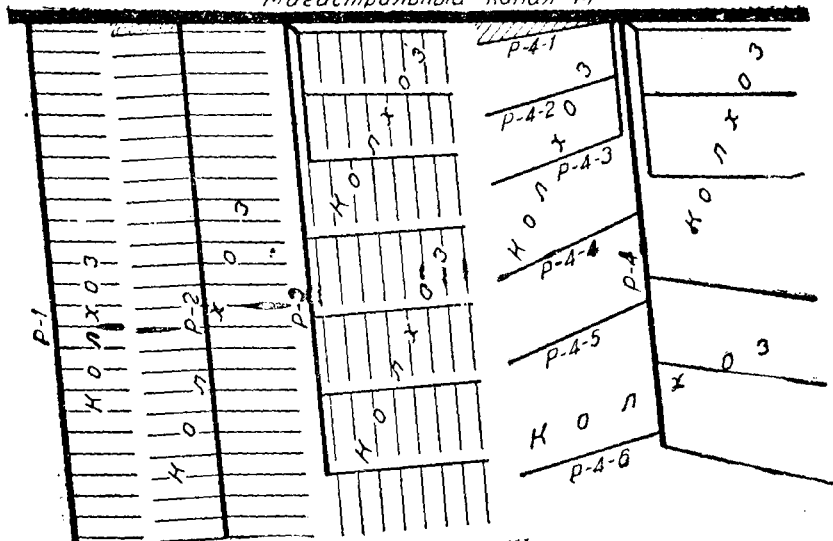


Рис. 96. Схема IIIа.

Магистр. канал - М

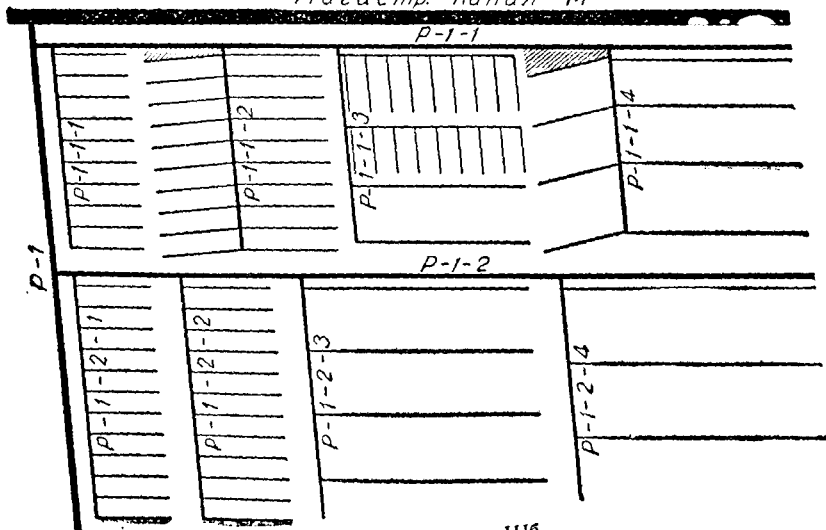


Рис. 97. Схема IIIб.

Схема IV. Трасса магистрального канала расположена вдоль горизонталей. Участок большой ширины — больше 4 км. Рельеф сильно пересеченный с большими уклонами или холмистый с малым уклоном.

В этих случаях, как и в схеме II, неизбежны комбинированные схемы расположения проводящей сети. Для нахождения вполне удовлетворительного решения задачи здесь особенно важно проектирование нескольких вариантов сети и детальное сравнение их по всем показателям, а не только по капитальным затратам, как это зачастую встречается в проектах. Наиболее сложно в этих условиях проектирование равновеликих полей, правильных карт и картовых оросителей, особенно если оросители должны быть расположены вдоль горизонталей.

Если трасса магистрального канала располагается нормально к горизонталям или по водоразделу, то расположение колхозных и совхозных распределителей производится по одной из уже рассмотренных выше схем.

При составлении проекта расположения проводящей сети особое внимание должно быть уделено использованию гидроэнергии на каналах проводящей сети. Это возможно или в местах больших сосредоточенных естественных падений местности (перепады на каналах, сбросы в тальвеги и пр.), или в холмистых частях распределителей.

Наиболее простой получается схема расположения ГЭС, когда вблизи крупного распределителя, получающего воду из магистралей, проходит естественный тальвег, в который можно сбросить воду из распределителя и этим обеспечить постоянство расходов распределителя.

В каждом проекте проводящей оросительной сети обязательно должны быть проработаны возможные варианты расположения внутрисистемных ГЭС.

§ 46. Размеры и расположение поливных карт и картовых оросителей

Поливной картой называется площадь, ограниченная двумя смежными картовыми оросителями, колхозными или групповым распределителем и дорогой или групповым водосбором.

Поливные карты, получающие воду из одного колхозного или группового распределителя, составляют группу поливных карт.

Группы поливных карт входят в состав организационно-хозяйственных единиц орошаемого хозяйства: полей севооборота и бригадных участков.

При проектировании мелкой сети необходимо учитывать как ирригационные требования, так и требования механизированного полеводства и правильной организации труда в хозяйстве и находить согласованное решение, ставя основную задачу — добиться устойчивого высокого урожая культуры и повышения плодородия орошаемых земель.

1. Размеры и расположение поливных карт и картовых оросителей при поливе по бороздам

1. Площади поливных карт в пределах одной группы должны быть по возможности однообразными. При невозможности сохранить однообразие площадей поливных карт необходимо стремиться к тому, чтобы площади карт находились в простых кратных отношениях. Рекомендуется, например, принимать площади карт в 5 га, 10 га, 20 га.

Площади поливных карт должны быть строго согласованы с проектируемыми размерами полей севооборота так, чтобы каждое поле севооборота состояло из нескольких целых поливных карт.

2. Длина поливной карты принимается в пределах от 0,5 до 1,5 км. При выборе нормальной длины поливной карты можно придерживаться следующих размеров, в зависимости от условий рельефа и уклона.

Длина поливной карты (в метрах) в зависимости от условий рельефа

Рельеф орошаемых площадей \ Уклоны орошаемых площадей	Малые—до	Средние—	Большие—	Очень большие
	0,002	0,002—0,005	0,005—0,015	> 0,015
Спокойный нерасчлененный	800—1 000	800—1 500	700—1 500	700—1 000
Слабо расчлененный	700—1 000	700—1 500	600—1 500	500—1 000
Сильно расчлененный	600—1 000	500—1 500	В зависимости от условий	
Холмистый	500— 800	В зависимости от условий		

Примечание. Для проницаемых грунтов верхний предел длин для всех кате горий снижается до 1 000.

3. Длинные стороны поливных карт должны быть параллельными и прямолинейными. Расстояния между параллельными сторонами карт должны быть одинаковыми по всей длине карты.

4. Угол поворота менее 120° и угол примыкания картовых оросителей меньше 60° не рекомендуются.

5. Ширина поливных карт определяется условиями рельефа, почв, размерами и расположением временной внутрикартовой оросительной сети. При одностороннем командовании картовых оросителей ширина поливной карты принимается от 100 до 200 м.

При определении нормальной ширины поливной карты можно придерживаться следующих размеров для карт одностороннего командования.

Ширина поливной карты (в метрах) в зависимости от условий рельефа

Рельеф орошаемых площадей \ Уклоны орошаемых площадей	Малые—до	Средние—	Большие—	Очень большие—
	0,002	0,002—0,005	0,005—0,015	0,015—0,030
Спокойный и слабо-расчлененный	100—200	150—200	150—200	100—200
Пересеченный и холмистый	100—150	100—150	—	—

Примечание 1. При одинаковой возможности выбора в пределах данного диапазона надлежит придерживаться верхних пределов ширины карты при хороших микрорельефах и нижних пределов—при плохих.

Примечание 2. Для карты двустороннего командования ширина удваивается, если двустороннее командование возможно не менее как на 90% длины карты.

Ширина карт устанавливается с учетом необходимых планировочных работ.

6. Суммарная площадь нормальных карт, т. е. карт, имеющих длину, ширину и конфигурацию, указанные в пунктах 2, 3, 4 и 5, должна быть не менее 90% площади проекта.

7. Картовые оросители оканчиваются у последней поливной канавы. Для опорожнения картовых оросителей, если в этом встретится необходимость, при эксплуатации могут устраиваться временные концевые картовые сбросные каналы. Постоянные картовые концевые сбросы не делаются.

8. Основными требованиями, предъявляемыми к расположению картового оросителя, являются: а) командование горизонтов воды в нем над площадью поливной карты, б) соответствие картового оросителя уклону проектируемых борозд и их направлению.

При уклонах местности, не превышающих 0,002, при которых нормальным будет полив глубокими тупыми бороздами, возможно различное расположение картовых оросителей по отношению к горизонталям местности; некоторое преимущество дает в этом случае проектирование картовых оросителей нормально к горизонталям, как позволяющее дать им лучшее командование.

При уклонах местности от 0,002 до 0,005 картовые оросители располагаются нормально к горизонталям или под острым углом к ним. При поливе по глубоким тупым длинным бороздам картовые оросители располагаются с уклоном 0,002—0,003 или нормально к горизонталям. При поливе по коротким глубоким тупым бороздам картовые оросители располагаются с уклоном 0,0005—0,001.

При больших уклонах местности, в пределах 0,005—0,015, и хорошем рельефе и микрорельефе картовые оросители располагаются преимущественно под острым углом к горизонталям с таким расчетом, чтобы уклон картовых оросителей был не больше 0,003—0,005.

При больших уклонах и при плохих рельефах дать какую-либо типовую схему разбивки сети картовых оросителей невозможно. Здесь могут быть разные по расположению и по размеру карты, а следовательно, и различные виды бороздного полива, если планировкой нельзя обеспечить хороший полив по глубоким бороздам без сброса.

2. Размеры и расположение карт и картовых оросителей при поливе напуском по полосам

1. При поливе напуском по полосам площади поливных карт, длина и конфигурация их определяются в основном теми же соображениями, которые применяются для расположения карт при поливе по бороздам.

2. Схема расположения картовых оросителей при поливе напуском по полосам строится на основе таких правил:

- а) полосы располагаются нормально к горизонталям местности;
- б) по форме нормальная полоса представляет длинный, узкий четырехугольник с параллельными длинными сторонами;
- в) при поливе напуском по полосам подача воды в полосы производится или из поливных канав, идущих параллельно коротким сторонам полос, или непосредственно из картового оросителя.

3. В соответствии с требованием расположения полосы нормально к горизонталям возможны следующие две основные схемы расположения картового оросителя и поливных карт при поливе напуском по полосам.

Схема 1. Картовый ороситель располагается нормально к горизонталям; полосы располагаются параллельно длинной стороне карты,

поливные каналы проводятся с небольшим уклоном параллельно коротким сторонам полос. Преимущество указанной схемы заключается в том, что вода, сбрасываемая в концах полос, может перехватываться нижними поливными каналами и использоваться на нижележащих полосах; при различных уклонах и почвах внутри карты длины полос могут быть различными; посев и уборка производится вдоль длинных сторон карт и совпадают с направлением полос.

Схема II. Картовый ороситель располагается по направлению горизонталей с необходимым небольшим уклоном, поливные каналы проводятся параллельно картовому оросителю или не делаются вовсе; полосы нарезаются нормально к горизонталям поперек всей карты.

Преимущество второй схемы заключается в том, что поливные каналы не мешают работе с.-х. машин и орудий, а могут и совершенно отсутствовать. Преимуществом карт второй схемы является возможность значительного увеличения ширины карты, которая в этой схеме равна длине полосы.

Основными недостатками второй схемы являются: невозможность использовать сбросные воды внутри карты, необходимость при уборке пересекать валики, что при расстояниях между валиками в 4—8 м будет отражаться на движении машин, и сложность полива при пестром рельефе. Вторая схема на пересеченных скатах затруднительна.

4. Ширина карт при второй схеме определяется расчетной длиной полосы, а при первой схеме принимается примерно таких же размеров, как и при поливе по бороздам (см. о размерах карт при поливе по бороздам).

5. При длинных ≥ 300 м полосах необходимо на конкретных типовых участках запроектировать и проанализировать обе схемы, учитывая: а) влияние той или другой схемы на пахоту, посев и уборку, б) влияние расположения сети на равномерность увлажнения почвы, на потери воды, на размеры поливных норм, в) влияние на затраты труда при поливе, г) влияние на размер планировочных работ и стоимость устройства мелкой сети и арматуры.

3. Варианты проектирования крупных карт

Механизация с.-х. работ и требования агротехники поставили перед ирригационным проектированием целый ряд вопросов, которые не вполне разрешаются изложенными выше условиями проектирования мелкой сети. Например, необходимость неременять направление пахоты ставит задачу создания более широких карт. То же требование вытекает из перекрестной механизированной междурядной обработки широкорядных культур, из условий повышения производительности труда при поливах напуском. Вполне проверенного опытом и практикой решения поставленных задач, при условии самотечного поверхностного орошения, пока еще нет.

Однако возможные в отдельных конкретных условиях варианты такого проектирования уже намечались.

Опытами изучения техники полива напуском по полосам установлено, что при хорошем рельефе, при средних уклонах, при хорошо спланированных полосах, при устойчивых от размыва почвах, применяя достаточно крупную струю, можно увеличить длину полос до 400—500 м. При таком условии можно получить большие карты, порядка 40—50 га.

Схема расположения и размеры такой карты следующие.

Картовый ороситель располагается под малым острым углом к горизонталям; длина картового оросителя проектируется около 1 км (можно и больше). Длины полос, располагаемых нормально к горизонталям,

принимаются около 400—500 м, т. е. ширина карты в этом случае получается также около 400—500 м.

Выпуск воды из картового оросителя в полосы производится непосредственно в полосы при помощи переносного сифона или через постоянные выпуски сначала в поливные каналы, а из них уже в полосы. При этом поливные каналы располагаются вдоль картового оросителя и не мешают работе машин и орудий.

При поливе широкорядных культур по бороздам увеличение карты возможно путем значительного удлинения поливных каналов при более тщательном устройстве их или путем устройства временных картовых оросителей, или путем удлинения борозды. Схема такой карты получается, например, следующей.

Постоянный ороситель располагается под малым острым углом к горизонталям с уклоном порядка 0,001—0,003. Длина этого оросителя принимается в зависимости от рельефа. Нормально к оросителю проводятся поливные каналы или временные картовые оросители длиной, определяемой рельефом и планировкой. Расстояния между поливными каналами равны длинам проектируемых борозд, располагаемых параллельно постоянному оросителю. Поливные каналы ежегодно распахиваются и вновь восстанавливаются после посева. Профиль (поперечный) поливных каналов делается с пологими откосами.

При возможности устройства длинных борозд получается следующая схема сети: из постоянного оросителя вода подается в поливные каналы, расположенные параллельно ему, а из них в длинные борозды.

§ 47. Расчетные расходы оросительных каналов

В проектах устанавливаются следующие расчетные расходы оросительных каналов:

- | | | |
|---|-----|------------------------------|
| 1) Нормальный расчетный расход (нетто) | Q | <i>нетто</i>
<i>норм</i> |
| 2) Нормальный расчетный расход (брутто) | Q | <i>брутто</i>
<i>норм</i> |
| 3) Максимальный или форсированный расчетный расход (брутто) | Q | <i>брутто</i>
<i>макс</i> |
| 4) Минимальный расчетный расход (нетто) | Q | <i>нетто</i>
<i>мин</i> |
| 5) Минимальный расчетный расход (брутто) | Q | <i>брутто</i>
<i>мин</i> |

При установлении расчетных расходов каждого оросительного канала необходимо прежде всего учесть, непрерывно или с перерывами он работает. Если канал работает непрерывно, то его расчетный расход равен произведению орошаемой им площади ($\omega_{\text{нетто}}$) и расчетной ординаты графика гидромодуля.

Если канал работает периодически (по водообороту), то его расчетный расход равен произведению орошаемой площади $\omega_{\text{нетто}}$, ординаты графика гидромодуля и коэффициента водооборота.

Под нормальным расчетным расходом $Q_{\text{нетто}}$ оросительного канала понимается расчетный расход канала, близкий к максимальному, которм он работает продолжительное время. В соответствии с этим нормальные расчетные расходы оросительного канала, работающего непрерывно, определяются по следующей формуле:

$$Q_{\text{норм}}^{\text{нетто}} = q_{\text{расч}}^{\text{норм}} \cdot \omega_{\text{расч}}^{\text{нетто}};$$

где $\omega_{\text{расч}}^{\text{нетто}}$ — расчетная площадь (нетто), орошаемая данным каналом;

$q_{расч}^{норм}$ — расчетная ордината расчетного графика гидромодуля; построенного для расчетных севооборота и состава культур и расчетной их урожайности. Эта ордината равна или близка к $q_{макс}$.

Нормальные расчетные расходы оросительных каналов, работающих в расчетный период прерывисто, по водообороту, устанавливаются из следующей формулы:

$$Q_{расч}^{нетто} = q_{расч}^{норм} \cdot \omega_{расч}^{нетто} \cdot \beta,$$

где β — коэффициент водооборота, равный отношению $\frac{t_0}{t}$, где t_0 — расчетный поливной период, t — сокращенное время работы данного капала в соответствии с проектируемым водооборотом.

Остальные обозначения, как и в предыдущей формуле. Максимальный расчетный расход характеризует предельный возможный расход оросительного канала.

Максимальный расчетный расход определяется следующим образом:

$$Q_{макс}^{брутто} = Q_{норм}^{брутто} \cdot K; K \geq 1.$$

Размер превышения максимального расхода канала против нормального определяется для каждого канала с учетом динамики всех условий, от которых зависит расход канала.

Размер превышения максимального расхода над нормальным, или коэффициент форсировки K , не должен быть больше следующих величин:

- а) картовые оросители $K = 1$
- б) распределители $K = 1,0-1,30$
- в) магистраль и ветви их $K = 1,0-1,20$

Превышения против нормальных расчетных расходов определяются в результате анализа возможного изменения гидромодуля (q), площади (ω), коэффициента водооборота и всех тех причин, которые могут вызвать увеличение расчетного расхода канала, как-то: режим источника, засухливость года, возможность аварий, увязка расходов каналов и пр. В технических проектах размеры коэффициентов K обязательно устанавливаются расчетом в каждом конкретном случае.

Под минимальным расчетным расходом-нетто понимается наименьший расчетный расход канала, определяемый согласно расчетному графику гидромодуля и расчетному плану водопользования и водооборота:

$$Q_{мин}^{нетто} = q_{расч}^{мин} \cdot \omega_{расч}^{нетто};$$

$$Q_{мин}^{нетто} = q_{расч}^{мин} \cdot \omega_{расч}^{нетто} \cdot \beta'.$$

Порядок и техника проектирования расчетных расходов (нетто) для оросительных каналов таковы.

а. Разрабатывается проект расположения оросительной, водосборной и дорожной сети, в полном соответствии с проектом рациональной организации территории орошаемых колхозов и совхозов (усадыбы, севооборота, поля севооборотов, бригадные участки, участки звеньев, лесозащитные полосы, древесные посадки и пр.). На основе мелиоративной схемы составляются расчетные графики гидромодуля. Графики гидромодуля составляются для каждого колхоза и совхоза, имеющих свои отличные от других хозяйств севообороты и составы культур или различные расчетные нормы и сроки полива культур, и для всей системы в целом, как сумма отдельных частных графиков.

б. Затем подсчитываются проектные орошаемые площади-брутто и нетто для всей системы, для каждого хозяйства, каждого севооборота, каждой усадьбы, каждой водопользовательной единицы и оросительного канала (подсчет отчуждений производится по укрупненным измерителям).

в. Наконец, разрабатывается расчетный план и порядок работы каналов, или расчетный план водораспределения.

г. На основе всех этих данных подсчитываются сначала расчетные расходы-нетто, а затем расходы-брутто.

В основу составления расчетного плана водораспределения, а следовательно, и расходов каналов кладутся следующие положения.

1. Каждый колхоз (и каждый совхоз) представляет собою самостоятельного потребителя воды и получает воду согласно своей расчетной орошаемой площади и своему расчетному плану водопользования и расчетному графику гидромодуля. Кроме того, каждое хозяйство получает воду на усадьбы и приусадебные земли (если они не учтены в графике гидромодуля).

В силу этого, если данный колхоз (или совхоз) обслуживается одним распределителем или имеет один распределительный узел, то расчетные расходы $Q_{\text{нетто}}$ этого распределителя или узла определяются по формулам:

$$Q_{\text{норм}} = q_{\text{расч}}^{\text{норм}} \cdot \omega_{\text{расч}}^{\text{нетто}}$$

$$Q_{\text{мин}} = q_{\text{расч}}^{\text{мин}} \cdot \omega_{\text{расч}}^{\text{нетто}}$$

Если же данное хозяйство имеет несколько распределителей и несколько выделов воды, то расчетные расходы этих распределителей будут зависеть от порядка их работы.

Они могут работать по очереди, и тогда их расход будет равен расходу, поступающему в хозяйство, или они будут работать все непрерывно, и тогда их расходы будут пропорциональны площади каждого, в сумме составляя расход, подаваемый всему хозяйству.

2. Расчетные расходы $Q_{\text{нетто}}$ для магистрального канала или крупного межколхозного распределителя, обслуживающего несколько хозяйств, рассчитываются по участкам канала от узла к узлу по формулам:

$$Q_{\text{норм}} = q_{\text{расч}}^{\text{норм}} \cdot \omega_{\text{расч}}^{\text{нетто}}$$

$$Q_{\text{мин}} = q_{\text{расч}}^{\text{мин}} \cdot \omega_{\text{расч}}^{\text{нетто}}$$

В отдельных случаях при определении $Q_{\text{нетто}}^{\text{мин}}$ можно допускать очередность получения воды хозяйствами и минимальный расход определять по формуле:

$$Q_{\text{мин}}^{\text{нетто}} = q_{\text{расч}}^{\text{мин}} \cdot \omega_{\text{расч}}^{\text{нетто}} \cdot \beta.$$

3. Внутри колхозов и совхозов планом водораспределения устанавливаются водопользовательные единицы. Каждая водопользовательная единица обнимает собою площадь каждого целого севооборота данного хозяйства. Особую водопользовательную единицу представляют поселок и приусадебные земли при нем, если они имеют свой усадебный распределитель. В колхозах, имеющих только один полевой севооборот, разбитый на всей полевой площади колхоза, могут быть две водопользовательные единицы: полевая и усадебная, или одна водопользовательная единица.

Выдел воды в водопользовательную единицу, как правило, должен быть осуществлен независимо от других водопользовательных единиц.

Размеры водопользовательных единиц, как и связанные с ними размеры суточной площади полива в них, определяют в каждом конкретном случае, исходя из условий проектной организации территории и полей севооборота хозяйства, организации производственных бригад и из технико-экономической целесообразности устройства и работы оросительных каналов.

4. Расчетные расходы колхозных распределителей, обслуживающих целые водопользовательные единицы, определяются как расчетные расходы распределителей, обслуживающих целые хозяйства, т. е. по формуле:

$$Q_{\text{нетто}} = q \cdot \omega_{\text{нетто}}.$$

5. Расчетный нормальный расход каждого группового (внутриколхозного) распределителя определяется планом водораспределения, который принят для данной водопользовательной единицы, и той организацией полива и обработки, которые приняты в бригадах и в звеньях. Этот план должен быть построен с таким расчетом, чтобы на групповом (внутриколхозном) распределителе можно было полить за сутки такую проектную площадь в одном месте, которая соответствует производительности согласованной работы тракторной и производственной бригад, т. е.:

$$Q_{\text{гр. расп.}} = \frac{m \cdot F}{86400} \text{ м}^3/\text{сек.},$$

где m — максимальная поливная норма основной культуры севооборота (при выборе m необходимо принимать во внимание прежде всего те поливы, которые связаны с обработкой почвы непосредственно до или после полива);

F — площадь суточного полива в одном месте; величина F определяется из условий согласованной работы тракторов, полевых бригад и их звеньев.

6. Расчетный план водораспределения должен быть построен так, чтобы потери воды в каналах при поливах были минимальными. Это положение должно быть доказано соответствующим расчетом.

7. Расчетный расход группового (внутриколхозного) распределителя должен быть равен суммарному расходу картовых оросителей, поочередно (по одному или группами) получающих из него воду, а суммарный расход одновременно работающих групповых распределителей должен быть равен расчетному расходу распределителя, обслуживающего данную водопользовательную единицу. Все это ставит необходимость согласования расходов картовых оросителей, внутриколхозных и колхозных распределителей.

Установление и согласование расчетных расходов распределителей и картовых оросителей производится таким порядком.

а) По площади водопользовательной единицы и расчетным ординатам графика гидромодуля устанавливаются расчетные расходы-нетто распределителя, обслуживающего водопользовательную единицу.

$$Q_{\text{норм}} = q_{\text{расч.}}^{\text{норм}} \cdot \omega_{\text{расч.}}^{\text{нетто}};$$

$$Q_{\text{мин}}^{\text{нетто}} = q_{\text{расч.}}^{\text{мин}} \cdot \omega_{\text{расч.}}^{\text{нетто}};$$

б) На основании расчетного плана водораспределения внутри водопользовательной единицы устанавливаются очередность работы и расчетные расходы-нетто внутриколхозных распределителей, обслуживающих данную водопользовательную единицу,

в) Определяется проектная площадь суточного полива в одном месте и потребные для этого расходы по формуле:

$$Q_{\text{нетто}} = \frac{mF}{86400};$$

г) Определяются расходы типовых картových оросителей по формуле:

$$Q_{\text{к. ор}}^{\text{нетто}} = \frac{m \cdot \omega_{\text{нетто}}}{t \cdot 86,4};$$

д) После того, как будут получены все указанные в пунктах а, б, в, г расходы, приступают к согласованию их, сохраняя неизменным расход распределителя, обслуживающего водопользовательную единицу.

Расчетные расходы-нетто картových оросителей, как указано, устанавливаются по следующей формуле:

$$Q_{\text{к. ор}}^{\text{нетто}} = \frac{m \cdot \omega_{\text{нетто}}}{t \cdot 86,4} \text{ л/сек.}]$$

Здесь: m — расчетная поливная норма в кубических метрах на 1 га; За расчетную поливную норму принимается максимальная норма основной культуры для полива, связанного со следующей за ним или непосредственно предшествующей ему обработкой карты; $\omega_{\text{нетто}}$ — площадь поливной карты (нетто) в гектарах; t — расчетная продолжительность полива карты в сутках.

Величина t обычно принимается около 1—2 для карт величиною 5—10 га и около 2 — для карт до 20 га. Удлинение полива карты на период более 2 суток должно быть в проекте особо мотивировано.

В размер поливной нормы m включаются потери во временной внутрикартовой сети.

Расходы картových оросителей рекомендуется стандартизировать: В качестве стандартных расходов рекомендуются расходы: 60, 80, 100, 120 л/сек. Минимальные расходы (60 и 80 л/сек.) применяются при малых поливных нормах, при мелких картах, при неблагоприятных условиях рельефа и почв.

В каждой группе поливных карт следует принимать один или два стандартных расхода картových оросителей.

§ 48. Расчетные расходы (брутто) оросительных каналов

Нормальный расчетный расход-брутто для оросительных каналов, работающих в данный расчетный период непрерывно, устанавливается следующим образом:

$$Q_{\text{норм}}^{\text{брутто}} = Q_{\text{норм}}^{\text{нетто}} + Q_{\text{потери}};$$

$$Q_{\text{норм}}^{\text{брутто}} = \frac{Q_{\text{норм}}^{\text{нетто}}}{\eta_1}; \quad \eta_1 = \frac{Q_{\text{норм}}^{\text{нетто}}}{Q_{\text{норм}}^{\text{нетто}} + Q_{\text{потери}}};$$

где $Q_{\text{потери}}$ — потери воды в расчетном оросительном канале плюс потери во всех каналах, получающих воду в данный расчетный момент времени из расчетного канала;

η_1 — коэффициент полезного действия системы расчетного канала;

Нормальный расчетный расход-брутто для оросительных каналов, работающих в данный расчетный период с перерывами, по очереди устанавливается так:

$$Q_{\text{норм}}^{\text{брутто}} = Q_{\text{норм}}^{\text{нетто}} \cdot \beta + Q_{\text{потери}};$$

$$Q_{\text{норм}}^{\text{брутто}} = \frac{Q_{\text{норм}}^{\text{нетто}} \cdot \beta}{\eta_1}; \quad \eta_1 = \frac{Q_{\text{норм}}^{\text{нетто}}}{Q_{\text{норм}}^{\text{нетто}} \cdot \beta + Q_{\text{потери}}};$$

$Q_{\text{потери}}$ — потери воды в расчетном оросительном канале плюс потери воды во всех каналах, получающих воду из расчетного канала в данный момент времени;

η_1 — коэффициент полезного действия системы расчетного канала при нормальном расходе его.

Максимальный расчетный расход-брутто равен

$$Q_{\text{макс}}^{\text{брутто}} = Q_{\text{норм}}^{\text{брутто}}$$

где K — коэффициент превышения расчетного максимального расхода над нормальным расходом, или коэффициент форсировки канала. Определение K указано выше при рассмотрении расчетных расходов-нетто (см. стр. 152).

Минимальный расчетный расход-брутто устанавливается так же, как и нормальный расчетный расход, т. е.:

$$Q_{\text{мин}}^{\text{брутто}} = Q_{\text{мин}}^{\text{нетто}} + Q_{\text{потери}} = \frac{Q_{\text{мин}}^{\text{нетто}}}{\eta_2};$$

$$Q_{\text{мин}}^{\text{брутто}} = Q_{\text{мин}}^{\text{нетто}} \cdot \beta + Q_{\text{потери}} = \frac{Q_{\text{мин}}^{\text{нетто}} \cdot \beta}{\eta_2};$$

η_2 — коэффициент полезного действия системы расчетного канала при минимальном расчетном расходе его.

Таким образом, подсчет расходов-брутто по расходам-нетто можно проводить двумя способами:

1. Для предварительных, ориентировочных подсчетов можно пользоваться формулой:

$$Q_{\text{брутто}} = \frac{Q_{\text{нетто}}}{\eta};$$

В этом случае значения коэффициента полезного действия ирригационных систем или систем отдельных оросительных каналов берутся на основании аналогичных проектов или норм проектирования.

2. Для более точных подсчетов расходов-брутто нужно пользоваться формулой:

$$Q_{\text{брутто}} = Q_{\text{нетто}} + Q_{\text{потери}}.$$

Потери воды в оросительных каналах складываются: из потерь на фильтрацию, потерь при эксплуатации каналов и сооружений (т. е. потерь на случайные утечки, потерь на опораживание каналов и др.) и потерь на испарение воды с поверхности водного зеркала.

Потери эксплуатационные и на испарение в проектах учитываются совместно и выражаются определенным процентом от расхода (нетто) рассматриваемого оросительного канала. Этот процент устанавливается на основе практики; он должен быть минимальным.

Потери на фильтрацию в технических проектах подсчитываются для каждого канала ирригационной системы отдельно, исходя из протяженности, характера работы, свойств почвогрунтов и гидравлических элементов каналов, по формулам, указанным ниже в разделе «Формулы для подсчета потерь воды в оросительных каналах» (см. стр. 159).

Подсчет расходов-брутто ведется по формуле:

$$Q_{ст. кан}^{брутто} = \sum Q_{м.л. кан.}^{брутто} + Q_{потери}^{ст. кан.};$$

Здесь $\sum Q_{м.л. кан.}^{брутто}$ — сумма головных расходов-брутто одновременно работающих младших каналов, питающихся из рассматриваемого старшего канала;

$Q_{потери}^{ст. кан.}$ — потери в старшем канале.

Подсчет коэффициентов полезного действия системы отдельных каналов и всей ирригационной системы в целом ведется по формуле:

$$\eta = \frac{Q_{нетто}}{Q_{брутто}};$$

где $Q_{нетто}$ — расход-нетто данного канала;

$Q_{брутто}$ — головной расчетный расход (брутто) данного канала; с учетом всех потерь на канале и на всей системе канала.

Если в системах отдельных каналов или во всей системе в целом намечается повторное использование поверхностных сбросных вод или использование возвратных вод, то при подсчете коэффициента полезного действия систем отдельных каналов и всей системы в целом эта вода должна быть учтена, и подсчеты должны быть проведены по следующим формулам:

$$\eta = \frac{Q_{нетто}}{Q_{брутто}}; \quad Q_{брутто} = Q_{нетто} + Q_{потери} - Q_{возвр};$$

$Q_{брутто}$ — расчетный головной расход канала;

$Q_{возвр}$ — расчетные возвратные воды или расчетные поверхностные сбросные воды повторного использования в системе данного канала.

Подсчет потерь в оросительных каналах и установление расходов-брутто и коэффициента полезного действия ведется последовательно от младших мелких каналов — оросителей, к старшим каналам — распределителям и магистрали.

При подсчете потерь на фильтрацию в картовых оросителях и групповых распределителях, обычно работающих периодически и неполной своей длиной, принимается среднее взвешенная, действительно действующая длина канала, а при подсчете процента потерь принимается во внимание периодичность работы каналов.

Подсчет потерь на фильтрацию в распределителях и магистральных каналах, работающих непрерывно, ведется по узлам, начиная с нижних узлов. При подсчете потерь принимается вся длина работающего канала от узла до узла.

Для крупных каналов с длиной между узлами, превышающей 5 км, или при значительно отличающихся грунтах и профилях каналов необходимо для подсчета потерь разбивать расчетный участок на отдельные звенья, однообразные по условиям, а по длине — на участки не больше 5 км.

На основе изложенных выше условий получается следующая схема определения потерь воды, расходов-брутто, коэффициента полезного действия отдельных каналов и всей системы при подсчете от младших каналов к старшим:

Картовый ороситель

$$Q_{\text{кар. ор.}}^{\text{брутто}} = Q_{\text{кар. ор.}}^{\text{нетто}} + Q_{\text{кар. ор.}}^{\text{потери}};$$

$$\eta_{\text{кар. ор.}} = \frac{Q_{\text{кар. ор.}}^{\text{нетто}}}{Q_{\text{кар. ор.}}^{\text{брутто}}};$$

Групповой распределитель

$$Q_{\text{гр. р.}}^{\text{брутто}} = \sum Q_{\text{кар. ор.}}^{\text{брутто}} + Q_{\text{гр. р.}}^{\text{потери}};$$

$$\eta_{\text{гр. р.}} = \frac{\sum Q_{\text{кар. ор.}}^{\text{нетто}}}{Q_{\text{гр. р.}}^{\text{брутто}}};$$

Главный распределитель (по участкам)

$$Q_{\text{распр. I уч.}}^{\text{брутто}} = Q_{\text{гр. р. № 1}}^{\text{брутто}} + Q_{\text{I уч. распр.}}^{\text{потери}};$$

$$Q_{\text{распр. II уч.}}^{\text{брутто}} = Q_{\text{распр. I уч.}}^{\text{брутто}} + Q_{\text{гр. р. № 2}}^{\text{брутто}} + Q_{\text{II уч. распр.}}^{\text{потери}};$$

$$Q_{\text{распр. III уч.}}^{\text{брутто}} = Q_{\text{распр. II уч.}}^{\text{брутто}} + Q_{\text{гр. р. № 3}}^{\text{брутто}} + Q_{\text{III уч. распр.}}^{\text{потери}};$$

и т. д. В $Q_{\text{потери}}$ входят все потери воды в каналах; при наличии возвратных вод последние вычитаются из потерь.

При необходимости получения в схематических проектах приближенных головных расходов крупных каналов по формуле:

$$Q_{\text{брутто}} = \frac{Q_{\text{нетто}}}{\eta} = \frac{q \cdot \omega_{\text{нетто}}}{\eta};$$

т. е. при обратном порядке расчета, начиная от магистрального канала, определение η (коэффициента полезного действия всей системы или отдельных звеньев ее) ведется или путем примерных подсчетов или на основании имеющегося подсчета в аналогичных проектах.

Коэффициент полезного действия системы не является величиной постоянной. С улучшением эксплуатации коэффициент полезного действия повышается, что подтверждается имеющимися материалами по эксплуатации ирригационных систем.

Во избежание излишнего увеличения пропускной способности каналов в проекте необходимо учесть изменения коэффициента полезного действия во времени, т. е. установить динамику его в зависимости от естественной кольматации и одежд каналов. Для очень длинных каналов необходимо учитывать влияние возвратных вод, поступающих в канал по его длине и уменьшающих величину потерь. Так же необходимо учесть динамику максимальной ординаты графика гидромодуля, динамику роста орошаемых площадей при освоении системы за счет внутренних и внешних резервов и динамику повышения коэффициента земельного использования системы. Поэтому для правильного установления расчетного расхода крупных оросительных каналов необходимо проанализировать четыре кривые:

1) кривую освоения и прироста орошаемых земель в зоне командования;

2) кривую изменения расчетных ординат расчетного графика гидро модуля;

3) кривую изменения коэффициента полезного действия всей ирригационной системы и отдельных крупных частей ее;

4) кривую изменения нормального расхода-брутто.

Только при этом условии можно правильно выбрать расчетный расход канала, величину коэффициента форсировки и величину максимального расчетного расхода-брутто.

Ориентировочные значения коэффициентов полезного действия ирригационных систем (для предварительных ориентировочных соображений при проектировке)

Характеристика оросительных каналов ирригационной системы	Значения коэффициентов полезного действия ирригационных систем		
	Площадь системы (нетто) от 50 000 до 25 000 га	Площадь системы (нетто) от 25 000 до 10 000 га	Площадь системы (нетто) от 10 000 до 1 000 га
Обычные земляные каналы в нормальном состоянии	0,55—0,60	0,60—0,65	0,65—0,70
Земляные каналы в нормальном состоянии с применением простейших мероприятий по уменьшению фильтрации на всей или большей части системы	0,60—0,65	0,65—0,75	0,70—0,75
Бетонировка магистрального канала и крупных распределителей и простейшие мероприятия по уменьшению фильтрации на остальных каналах системы	0,70—0,80	0,75—0,85	0,80—0,90

Примечание. Значения коэффициентов полезного действия принимаются с учетом водопроницаемости грунтов, площади системы и удельной длины оросительных каналов.

Надо помнить, что с повышением качества строительства каналов и улучшением постановки дела эксплуатации системы значение коэффициента полезного действия существенно повышается.

§ 49. Определение потерь воды на фильтрацию и испарение из оросительных каналов

1. При определении потерь воды на фильтрацию необходимо прежде установить:

а) характер работы оросительного канала, т. е. определить, какого действия рассматриваемый оросительный канал: постоянного (продолжительного) или прерывистого (кратковременного);

б) на какой глубине залегают грунтовые воды в расчетный период работы канала;

в) какие мероприятия, уменьшающие фильтрацию воды, предусмотрены проектом;

г) кривую средних скоростей впитывания воды и коэффициент фильтрации почвы для тех конкретных условий, в которых будет работать расчетный канал.

$\frac{M}{сек}$
расход
канала

На основе всего этого выбираются расчетные формулы потерь воды из канала. Состояние орошаемого канала в смысле формы поперечного профиля, зарастания и прочих условий принимается нормальным.

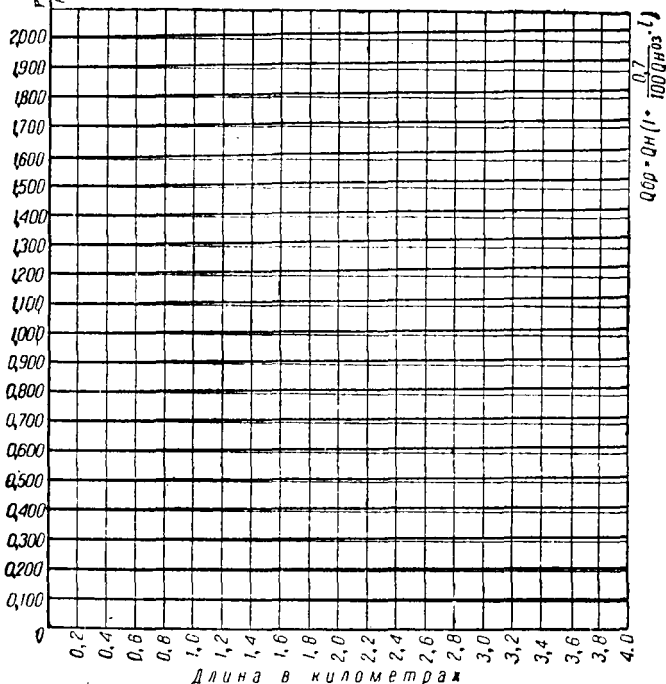


Рис. 98. График для расчета потерь (слабоводопроницаемые грунты).

2. Для предварительного, совершенно ориентировочного определения потерь воды на фильтрацию и испарение можно пользоваться следующей таблицей:

Ориентировочные значения потерь воды на фильтрацию и испарение
(для предварительных, ориентировочных соображений при проектировке)

Расход канала в кубических метрах в секунду	Потери в процентах расхода на 1 км	Расход канала в кубических метрах в секунду	Потери в процентах расхода на 1 км
0,03	16	1,00—1,50	4—3
0,03—0,10	16—12	1,50—2,00	3—2,5
0,10—0,15	12—11	2,0—3,0	2,5—1,8
0,15—0,20	11—9	3,0—5,0	1,8—1,1
0,20—0,30	9—7,5	5,0—10,0	1,1—0,6
0,30—0,50	7,5—6	10,0—20,0	0,6—0,5
0,50—1,00	6—4	20,0—30,0	0,5—0,32

3. Для ориентировочного подсчета потерь воды на фильтрацию и испарение в оросительных каналах постоянного действия при отсутствии данных о коэффициенте фильтрации и глубине залегания грунтовых вод

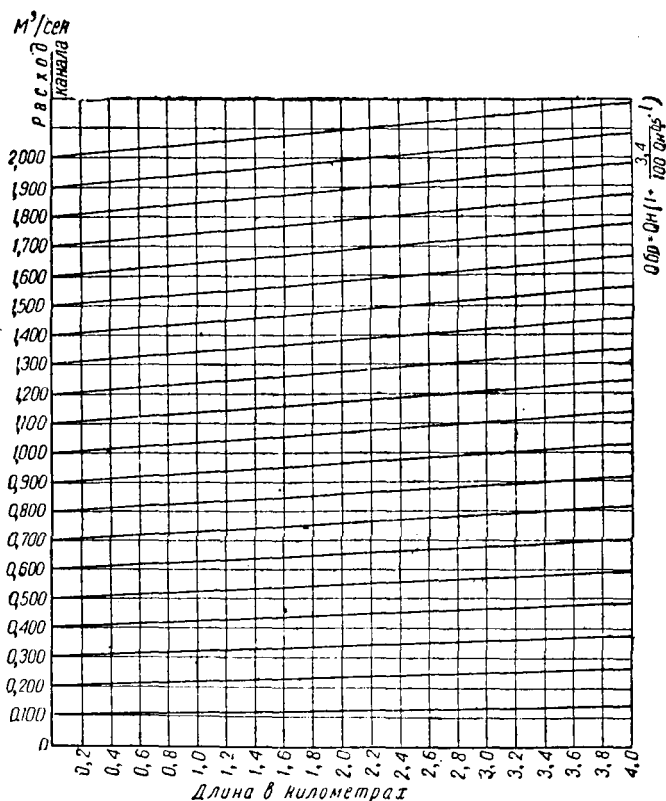


Рис. 99. График для расчета потерь (водопроницаемые грунты).

можно пользоваться формулами А. Н. Костякова и составленными для этих формул таблицами и графиками (рис. 98, 99, 100)

$$\sigma_1 = \frac{3,4}{Q_{брутто}^{0,5}}; \quad \sigma_2 = \frac{1,9}{Q_{брутто}^{0,4}}; \quad \sigma_3 = \frac{0,7}{Q_{брутто}^{0,3}}$$

где σ_1 — процент потерь от расхода $Q_{брутто}$ на 1 км длины канала, проходящего в водопроницаемых грунтах;

σ_2 — процент потерь на 1 км длины канала в средне водопроницаемых грунтах;

σ_3 — процент потерь на 1 км длины канала в слабо водопроницаемых грунтах;

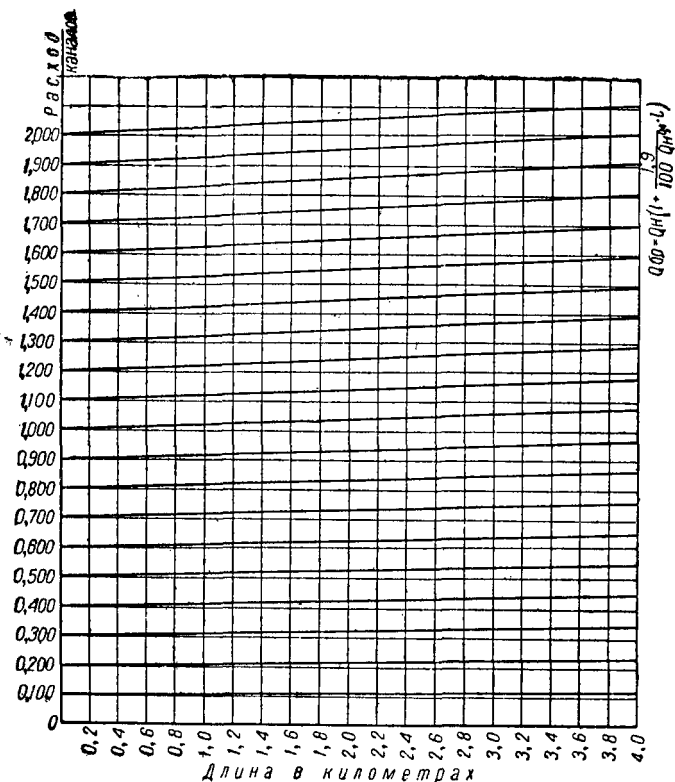


Рис. 100. График для расчета потерь (средние грунты).

$Q_{\text{брутто}}$ — расход в кубических метрах в секунду в голове канала. Между значениями потерь по трем этим формулам могут браться промежуточные значения для промежуточных условий.

Процент потерь σ и расход $Q_{\text{брутто}}$ определяются в два приема: сначала σ , вычисляется по $Q_{\text{нетто}}$:

$$\sigma_1 = \frac{A}{Q_{\text{нетто}}^x},$$

а затем в формулу $\sigma = \frac{A}{Q_{\text{брутто}}^x}$ подставляется первое приближение

$$Q'_{\text{брутто}} = Q_{\text{нетто}} + \frac{\sigma_1 Q_{\text{нетто}}}{100} l.$$

4. Для ориентировочного подсчета потерь воды на фильтрацию и испарение в каналах постоянного действия пользуются формулами американского инж. Морица.

Формулы инж. Морица. Инж. Мориц для определения потерь воды в каналах дал формулу, основанную на том, что потери воды на 1 км канала прямо пропорциональны смоченному периметру p и коэффициенту k_0 и равны

$$Q_{\text{потери}} = \frac{1000}{86400} \cdot p \cdot k_0 = 0,011574pk_0 \text{ м}^3/\text{сек на 1 км,}$$

что в процентах от расхода составит:

$$\sigma = \frac{1,157k_0p}{Q} \% \text{ на 1 км,}$$

где $Q_{\text{потери}}$ — потери воды на 1 км в кубических метрах в секунду;

p — смоченный периметр канала в метрах;

k_0 — слой воды в метрах, просачивающийся в сутки в грунт по всему смоченному периметру канала;

σ — потери в процентах расхода на 1 км;

Q — расход в кубических метрах в секунду.

Приближенная формула Морица имеет следующий вид:

$$Q_{\text{потери}} = 0,0375k_0 \sqrt{\frac{Q}{v_{\text{ср}}}} \text{ м}^3/\text{сек на 1 км,}$$

$$\sigma = \frac{3,75 \cdot k_0}{\sqrt{Q \cdot v_{\text{ср}}}} \% ,$$

где σ — потери в процентах от расхода на 1 км длины канала;

Q — расход канала в кубических метрах в секунду;

$v_{\text{ср}}$ — средняя скорость воды в канале в кубических метрах в секунду;

$Q_{\text{потери}}$ — потери на 1 км длины в кубических метрах в секунду;

k_0 — коэффициент, характеризующий фильтрационные свойства грунта; значения k_0 приведены в таблице:

Таблица значения коэффициента k_0 в формулах Морица

Название грунта канала	k_0 в метрах в сутки
Очень плотная глина	0,09
Глина	0,09—0,12
Суглинок	0,12—0,18
Обыкновенные почвы	0,18—0,27
Супесок	0,27—0,45
Песчаная почва	0,45—0,55
Гравий	0,60—0,90

5. При наличии данных о скоростях фильтрации и глубине залегания грунтовых вод более точное определение потерь воды в каналах постоянного действия можно сделать при помощи следующих формул (стр. 170).

Таблица значений $Q'_{\text{брутто}}$ в зависимости от $Q_{\text{нетто}}$ и длины канала l по формуле проф. Костякова

I. Водопроницаемые грунты:

$$Q'_{\text{брутто}} = \frac{3,4 Q_{\text{нетто}}}{100 \cdot Q_{\text{нетто}}^{0,5}} \cdot l + Q_{\text{нетто}}$$

l км	Значения $Q_{\text{нетто}}$ в кубометрах в секунду									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Значения $Q'_{\text{брутто}}$ в кубометрах в секунду									
0,1	0,101	0,202	0,302	0,402	0,502	0,603	0,703	0,803	0,903	1,003
2	102	203	304	404	505	605	706	806	906	007
3	103	205	306	406	507	608	709	809	910	010
4	104	206	307	409	510	611	711	812	913	014
0,5	105	208	309	411	512	613	714	815	916	017
6	106	209	311	413	514	616	717	818	919	020
7	108	211	313	415	517	618	720	821	923	024
8	109	212	315	417	519	621	723	824	926	027
9	110	214	317	419	522	624	726	827	929	031
1,0	111	215	319	422	524	626	728	830	932	034
1	112	217	320	424	526	629	731	833	935	037
2	113	218	322	426	529	632	734	836	939	041
3	114	220	324	428	531	634	737	840	942	044
4	115	221	326	430	534	637	740	843	945	048
1,5	116	223	328	432	536	640	743	846	948	051
6	117	224	330	434	538	642	746	849	952	054
7	118	226	332	437	541	645	748	852	955	058
8	119	227	334	439	543	647	751	855	958	061
9	120	229	335	441	546	650	754	858	961	065
2,0	122	230	337	443	548	653	757	861	965	068
1	123	232	339	445	550	655	760	864	968	071
2	124	233	341	447	553	658	763	867	971	075
3	125	235	343	449	555	661	765	870	974	078
4	126	237	345	452	558	663	768	873	977	082
2,5	127	238	347	454	560	666	771	876	981	085
6	128	240	348	456	563	668	774	879	984	088
7	129	241	350	458	565	671	777	882	987	092
8	130	243	352	460	567	674	780	885	990	095
9	131	244	354	462	570	676	782	888	994	099
3,0	132	246	356	464	572	679	785	891	997	102
1	133	247	358	467	575	682	788	894	1,000	105
2	134	249	360	469	577	684	791	897	003	109
3	135	250	361	471	579	687	794	900	006	112
4	137	252	363	473	582	690	797	903	010	116
3,5	138	253	365	475	584	692	800	906	013	119
6	139	255	367	477	587	695	802	909	016	122
7	140	256	369	480	589	697	805	913	019	126
8	141	258	371	482	591	700	808	916	023	129
9	142	259	373	484	594	703	811	919	026	133
4,0	143	261	374	486	596	706	814	922	029	136
1	144	262	376	488	599	708	817	925	032	139
2	145	264	378	490	601	711	819	928	035	143
3	146	265	380	492	603	713	822	931	039	146
4,5	147	267	382	495	606	716	825	934	042	150
6	148	268	384	497	608	719	828	937	045	153
7	149	270	386	499	611	721	831	940	048	156
8	151	271	388	501	613	724	834	943	052	160
9	152	273	389	503	615	726	837	946	055	163
5,0	153	274	391	505	618	729	839	949	059	167
0,154	0,154	0,276	0,393	0,507	0,620	0,731	0,842	0,952	1,062	1,170

l км	Значения $Q_{\text{нетто}}$ в кубометрах в секунду									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
	Значения $Q'_{\text{брутто}}$ в кубометрах в секунду									
0,1	1,104	1,204	1,304	1,404	1,504	1,604	1,704	1,805	1,905	2,005
2	107	207	308	408	508	609	709	809	909	010
3	111	211	312	412	512	613	713	814	914	014
4	114	215	316	416	517	617	718	818	919	019
0,5	118	219	319	420	521	622	722	823	923	024
6	121	222	323	424	525	626	727	827	928	029
7	125	226	327	428	529	630	731	832	933	034
8	129	230	331	432	533	634	735	836	937	038
9	132	234	335	436	537	639	740	841	942	043
1,0	136	237	339	440	542	643	744	846	947	048
1	139	241	343	444	546	647	749	850	952	053
2	143	245	347	448	550	652	753	855	956	058
3	146	248	350	452	554	656	758	859	961	063
4	150	252	354	456	558	660	762	864	965	067
1,5	153	256	358	460	562	665	766	868	970	072
6	157	260	362	464	567	669	771	873	975	077
7	161	263	366	468	571	673	775	878	980	082
8	164	267	370	472	575	677	780	882	984	087
9	168	271	374	476	579	682	784	887	989	091
2,0	171	274	378	480	583	686	789	891	994	096
1	175	278	381	484	587	690	793	896	998	101
2	178	282	385	489	592	695	798	900	2,003	106
3	182	286	389	493	596	699	802	905	008	111
4	186	289	393	497	600	703	806	909	012	115
2,5	189	293	397	501	604	708	811	914	017	120
6	193	297	401	505	608	712	815	919	022	125
7	196	301	405	509	612	716	820	923	027	130
8	200	304	409	513	617	720	824	928	031	135
9	203	308	412	517	621	725	829	932	036	139
3,0	207	312	416	521	625	729	833	937	041	144
1	211	315	420	525	629	733	837	941	045	149
2	214	319	424	529	633	738	842	946	050	154
3	218	323	428	533	637	742	846	951	055	159
4	221	327	432	537	642	746	851	955	059	163
3,5	225	330	436	541	646	751	855	960	064	168
6	228	334	440	545	650	755	860	964	069	173
7	232	338	443	549	654	759	864	969	073	178
8	236	342	447	553	658	763	868	973	078	183
9	239	345	451	557	662	768	873	978	083	188
4,0	243	349	455	561	667	772	877	982	087	192
1	246	353	459	565	671	776	882	987	092	197
2	250	356	463	569	675	781	886	992	097	202
3	253	360	467	573	679	785	891	996	102	207
4	257	364	471	577	683	789	895	2,001	106	212
4,5	260	368	474	581	687	794	899	005	111	216
6	264	371	478	585	692	798	904	010	116	221
7	268	375	482	589	696	802	908	014	120	226
8	271	379	486	593	700	806	913	019	125	231
9	275	383	490	597	704	811	917	023	129	235
5,0	1,279	1,387	1,494	1,603	1,708	1,815	1,992	2,028	2,134	2,240

Таблица значений Q' брутто в зависимости от Q нетто и длины канала l по формуле проф. Костякова

II. Средне водопроницаемые грунты:

$$Q'_{\text{брутто}} = \frac{1,9}{100} \frac{Q_{\text{нетто}}}{Q_{\text{нетто}}^{0,4}} \cdot l + Q_{\text{нетто}}$$

l км	Значения $Q_{\text{нетто}}$ в кубических метрах в секунду									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Значения Q' брутто в кубических метрах в секунду									
0,1	0,100	0,201	0,301	0,401	0,501	0,601	0,702	0,802	0,902	1,002
2	101	201	302	402	503	603	703	803	904	004
3	101	202	303	403	504	604	705	805	905	006
4	102	203	304	404	505	606	706	807	907	008
0,5	102	204	305	405	506	607	708	808	909	010
6	103	204	306	407	508	608	709	810	911	011
7	103	205	307	408	509	610	711	812	912	013
8	104	206	308	409	510	611	712	813	914	015
9	104	207	309	410	511	613	714	815	916	017
1,0	105	208	310	411	513	614	715	817	918	019
1	105	208	311	412	514	615	717	818	920	021
2	106	209	312	413	515	617	718	820	921	023
3	106	209	313	414	516	618	720	822	923	025
4	107	210	314	415	518	620	721	823	925	027
1,5	107	211	315	416	519	621	723	825	927	028
6	108	212	316	418	520	622	725	827	929	030
7	108	212	317	419	521	624	726	828	930	032
8	109	213	318	420	523	625	728	830	932	034
9	109	214	319	421	524	627	729	832	934	036
2,0	110	214	320	422	525	628	731	833	936	038
1	110	215	321	423	526	629	732	835	937	040
2	111	216	322	424	528	631	734	837	939	042
3	111	217	323	425	529	632	735	838	941	044
4	111	217	324	426	530	634	737	840	943	046
2,5	112	218	325	427	531	635	738	842	945	048
6	112	219	326	429	533	636	740	843	946	049
7	113	220	327	430	534	638	741	845	948	051
8	113	220	328	431	535	639	743	847	950	053
9	114	221	329	432	536	641	744	848	952	055
3,0	114	222	329	433	538	642	746	850	954	057
1	115	222	330	434	539	643	748	852	955	059
2	115	223	331	435	540	645	749	853	957	061
3	116	224	332	436	541	646	751	855	959	063
4	116	225	333	437	543	648	752	857	961	065
3,5	117	225	334	438	544	649	754	858	962	066
6	117	226	335	439	545	650	755	860	964	068
7	118	227	336	441	546	652	757	861	966	070
8	118	227	337	442	548	653	758	863	968	072
9	119	228	338	443	549	655	760	865	970	074
4,0	119	229	339	444	550	656	761	866	971	076
1	120	230	340	445	551	657	763	868	973	078
2	120	230	341	446	553	659	764	870	975	080
3	121	231	342	447	554	660	766	871	977	082
4	121	232	343	448	555	662	767	873	978	084
4,5	121	233	344	449	556	663	769	875	980	086
6	122	233	345	450	558	664	771	876	982	087
7	122	234	346	452	559	666	772	878	984	089
8	123	235	347	453	560	667	774	880	986	091
9	123	235	348	454	561	669	775	881	987	093
5,0	0,124	0,236	0,349	0,455	0,563	0,670	0,777	0,883	0,989	1,099

l, км	Значение $Q_{\text{нетто}}$ в кубических метрах в секунду									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
	Значения $Q'_{\text{брутто}}$ в кубических метрах в секунду									
0,1	1,102	1,202	1,302	1,402	1,502	1,603	1,703	1,803	1,903	2,003
2	104	204	304	405	505	605	705	805	906	006
3	106	206	307	407	507	608	708	808	908	009
4	108	208	309	409	510	610	710	811	911	012
0,5	110	210	311	412	512	613	713	814	914	014
6	112	213	313	414	515	615	716	816	917	017
7	114	215	316	416	517	618	718	819	920	020
8	116	217	318	419	519	620	721	822	922	023
9	118	219	320	421	522	623	724	824	925	026
1,0	120	221	322	423	524	625	726	827	928	029
1	122	223	324	426	527	628	729	830	931	032
2	124	225	327	428	529	630	731	832	934	035
3	126	228	329	430	532	633	734	835	936	037
4	128	230	331	433	534	635	737	838	939	040
1,5	130	232	333	435	536	638	739	841	942	043
6	132	234	336	437	539	640	742	843	945	046
7	134	236	338	440	541	643	744	846	947	049
8	136	238	340	442	544	645	747	849	950	052
9	138	240	342	444	546	648	750	851	953	055
2,0	140	242	344	446	548	650	752	854	956	058
1	142	245	347	449	551	653	755	857	959	060
2	144	247	349	451	553	655	757	859	961	063
3	146	249	351	453	556	658	760	862	964	066
4	148	251	353	456	558	660	763	865	967	069
2,5	150	253	356	458	561	663	765	868	970	072
6	152	255	358	460	563	665	768	870	973	075
7	154	257	360	463	565	668	771	873	975	078
8	156	259	362	465	568	671	773	876	978	081
9	158	261	364	467	570	673	776	878	981	084
3,0	160	264	367	470	572	676	778	881	984	086
1	162	266	369	472	575	678	781	884	987	089
2	164	268	371	474	578	681	784	887	989	092
3	166	270	373	477	580	683	786	889	992	095
4	168	272	376	479	582	686	789	892	995	098
3,5	170	274	378	481	585	688	791	895	998	101
6	172	276	380	484	587	691	794	897	2,001	104
7	174	278	382	486	590	693	797	900	003	107
8	176	281	383	488	592	696	799	903	006	109
9	178	283	387	491	595	698	802	905	009	112
4,0	180	285	389	493	597	701	804	908	012	115
1	182	287	391	495	599	703	807	911	015	118
2	185	289	393	498	601	706	810	914	017	121
3	187	291	396	500	603	708	812	916	020	124
4	189	293	398	502	607	711	815	919	023	127
4,5	191	295	400	505	609	713	818	922	026	130
6	193	298	402	507	612	716	820	924	028	132
7	195	300	405	509	614	718	823	927	031	135
8	197	302	407	512	616	721	825	930	034	138
9	199	304	409	514	619	723	828	932	037	141
5,0	1,201	1,306	1,411	1,516	1,621	1,726	1,831	1,935	2,040	2,144

Таблица значений Q' брутто в зависимости от Q нетто и длины канала l по формуле проф. Костякова

III. Слабо водопроницаемые грунты:

$$Q'_{\text{брутто}} = \frac{0,7 \cdot Q_{\text{нетто}}}{100 \cdot Q_{\text{нетто}}^{0,3}} \cdot l + Q_{\text{нетто}}$$

l км	Значения $Q_{\text{нетто}}$ в кубических метрах в секунду									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Значения Q' брутто в кубических метрах в секунду									
0,1	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,701	0,801	0,901	1,001
2	100	200	301	401	501	601	701	801	901	001
3	100	201	301	401	501	601	702	802	902	002
4	101	201	301	401	502	602	702	802	903	003
0,5	101	201	302	402	502	602	703	803	903	004
6	101	201	302	402	503	603	703	804	904	004
7	101	202	302	403	503	603	704	804	905	005
8	101	202	302	403	503	604	704	805	905	006
9	101	202	303	403	504	604	705	805	906	006
1,0	101	202	303	404	504	605	705	806	907	007
1	102	202	303	404	505	605	706	807	907	008
2	102	203	304	404	505	606	707	807	908	008
3	102	203	304	405	506	606	707	808	908	009
4	102	203	304	405	506	607	708	808	909	010
1,5	102	203	305	406	506	607	708	809	910	010
6	102	204	305	406	507	608	709	810	910	011
7	102	204	305	406	507	608	709	810	911	012
8	103	204	305	407	508	609	710	811	912	013
9	103	204	306	407	508	609	710	811	912	013
2,0	103	205	306	407	509	610	711	812	913	014
1	103	205	306	407	509	610	711	813	914	015
2	103	205	306	408	509	611	712	813	914	015
3	103	205	307	408	510	611	713	814	915	016
4	103	205	307	409	510	612	713	814	916	017
2,5	103	206	308	409	511	612	714	815	916	018
6	104	206	308	410	511	613	714	816	917	018
7	104	206	308	410	512	613	715	816	918	019
8	104	206	308	410	512	614	715	817	918	020
9	104	207	309	411	512	614	716	817	919	020
3,0	104	207	309	411	513	615	716	818	920	021
1	104	207	309	411	513	615	717	819	920	022
2	104	207	310	412	514	616	717	819	921	022
3	105	207	310	412	514	616	718	820	921	023
4	105	208	310	413	515	617	719	820	922	024
3,5	105	208	311	413	515	617	719	821	923	024
6	105	208	311	413	516	618	720	822	923	025
7	105	208	311	414	516	618	720	822	924	026
8	105	209	311	414	516	619	721	823	925	027
9	105	209	312	414	517	619	721	823	925	027
4,0	106	209	312	415	517	620	722	824	926	028
1	106	209	312	415	518	620	722	825	926	029
2	106	210	313	415	518	621	723	825	927	029
3	106	210	313	416	519	621	723	826	928	030
4	106	210	313	416	519	622	724	826	929	031
4,5	106	210	314	417	519	622	725	827	929	032
6	106	210	314	417	520	623	725	828	930	032
7	107	211	314	417	520	623	726	828	931	033
8	107	211	314	418	521	624	726	829	931	034
9	107	211	315	418	521	624	727	829	932	034
5,0	0,107	0,211	0,315	0,418	0,522	0,624	0,727	0,830	0,933	1,035

l, км	Значения $Q_{\text{нетто}}$ в кубических метрах в секунду									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
Значения $Q'_{\text{брутто}}$ в кубических метрах в секунду										
0,1	1,101	1,201	1,301	1,401	1,501	1,601	1,701	1,801	1,901	2,001
2	101	202	302	402	502	602	702	802	902	002
3	102	202	303	403	503	603	703	803	903	003
4	103	203	303	404	504	604	704	804	904	005
0,5	104	204	304	404	505	605	705	805	905	006
6	104	205	305	405	505	606	706	806	907	007
7	105	206	306	406	507	607	707	807	908	008
8	106	206	307	407	507	608	708	808	909	009
9	107	207	308	408	508	609	709	810	910	010
1,0	107	208	308	409	509	610	710	811	911	011
1	108	209	309	410	510	611	711	812	912	013
2	109	210	310	411	511	612	712	813	913	014
3	110	210	311	412	512	613	713	814	914	015
4	110	211	312	412	513	614	714	815	915	016
1,5	111	212	313	413	514	615	715	816	916	017
6	112	213	313	414	515	616	716	817	918	018
7	113	214	314	415	516	617	717	818	919	019
8	113	214	315	416	517	618	718	819	920	020
9	114	215	316	417	518	618	719	820	921	022
2,0	115	216	317	418	519	619	720	821	922	023
1	116	217	318	419	520	620	721	822	923	024
2	116	217	319	419	520	621	722	823	924	025
3	117	218	319	420	521	622	723	824	925	026
4	118	219	320	421	522	623	724	825	926	027
2,5	119	220	321	422	523	624	725	826	927	028
6	119	221	322	423	524	625	726	827	929	030
7	120	221	323	424	525	626	727	829	930	031
8	121	222	324	425	526	627	728	830	931	032
9	122	223	324	426	527	628	729	831	932	033
3,0	122	224	325	427	528	629	730	832	933	034
1	123	225	326	427	529	630	731	833	934	035
2	124	225	327	428	530	631	732	834	935	036
3	125	226	328	429	531	632	733	835	936	038
4	125	227	329	430	532	633	735	836	937	039
3,5	126	228	329	431	533	634	736	837	938	040
6	127	229	330	432	533	635	737	838	939	041
7	128	229	331	433	534	636	738	839	941	042
8	128	230	332	434	535	637	739	840	942	043
9	129	231	333	435	536	638	740	841	943	044
4,0	130	232	334	435	537	639	741	842	944	045
1	131	233	334	436	538	640	742	843	945	047
2	131	233	335	437	539	641	743	844	946	048
3	132	234	336	438	540	642	744	845	947	049
4	133	236	337	439	542	643	745	846	948	050
4,5	134	236	338	440	542	644	746	848	949	051
6	134	237	339	441	543	645	747	849	950	052
7	135	237	340	442	544	646	748	850	952	053
8	136	238	340	443	545	647	749	851	953	055
9	137	239	341	443	546	648	750	852	954	056
9	1,137	1,240	1,342	1,444	1,546	1,649	1,751	1,853	1,955	2,057

Формулы для более точного определения потерь воды на фильтрацию в каналах постоянного действия

а) Формула А. Н. Костякова для канала постоянного действия при глубоком залегании грунтовых вод:

$$Q_{\text{потери}} = 1000 \cdot k \cdot (b + 2h\gamma \sqrt{1 + \varphi^2}) \text{ м}^3/\text{сек};$$

$$\sigma = \frac{Q_{\text{потери}} \cdot 100}{Q} \% \text{ на 1 км длины канала.}$$

Здесь: $Q_{\text{потери}}$ — потери воды из канала на 1 км длины в кубических метрах в секунду;

k — коэффициент фильтрации в метрах в секунду (величины и способы измерения — во II томе справочника, стр. 448—464);

h — глубина воды в канале в метрах;

b — ширина канала по дну в метрах;

γ — поправочный коэффициент за счет капиллярного поглощения воды в откосы канала (величину γ А. Н. Костяков определяет от 1,1 до 1,4);

φ — коэффициент откоса канала;

σ — процент потерь на 1 км;

Q — расчетный расход воды в канале в кубических метрах в секунду. Необходимо принимать $Q_{\text{брутто}}$ в голове канала, т. е. решать задачу о потерях воды последовательным приближением, задаваясь сначала расходом $Q_{\text{нетто}}$.

в) Формула А. Н. Костякова для каналов постоянного действия при неглубоком залегании грунтовых вод:

$$\sigma = 1,15 \frac{k \cdot (h + a)^2}{(R - 0,5B) Q}.$$

Здесь: k — коэффициент фильтрации в метрах в сутки;

h — глубина воды в канале в метрах;

a — расстояние от дна канала до расчетного зеркала грунтовых вод в метрах;

B — ширина зеркала воды в канале в метрах;

Q — расход канала в кубических метрах в секунду;

R — расстояние, на которое распространится фильтрационный поток за время t , в метрах.

Величина R при заданном времени t может быть определена из следующей формулы:

$$t_{(R)} = \frac{\beta \cdot (R - 0,5B)^2}{k \cdot (h + a) \cdot \lg_{(n)}(R - 0,5B)}.$$

Здесь β — разность между полной влагоемкостью и наличной влажностью грунта под каналом на глубину a в объемных процентах.

г) Формула проф. Козени для каналов постоянного действия корытообразного поперечного сечения, при глубоком залегании грунтовых вод:

$$Q_{\text{потери}} = 1000 \cdot k \cdot (B + 2h) \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Здесь: $Q_{\text{потери}}$ — потери воды на 1 км длины канала в кубических метрах в секунду;

k — коэффициент фильтрации в метрах в секунду;

B — зеркало воды в канале в метрах;

h — глубина воды в канале в метрах.

д) Формула Козени для каналов косинусоидального профиля, близкого к трапециoidalному в случае смыкания фильтрационного потока с грунтовыми водами:

$$Q_{\text{потери}} = 1000 \cdot kV \text{ м}^3/\text{сек на 1 км},$$

а для профиля чашеобразного параболической формы:

$$Q_{\text{потери}} = 1000k \cdot (B - 2h) \text{ м}^3/\text{сек на 1 км}.$$

е) Формула проф. В. В. Ведерникова для каналов постоянного действия, при глубоком залегании грунтовых вод и фильтрации без подпора;

$$Q_{\text{потери}} = 1000k \cdot (B + 2H \cdot P) \text{ м}^3/\text{сек на 1 км}$$

или

$$Q_{\text{потери}} = 1000k \cdot (B + AH) \text{ м}^3/\text{сек на 1 км}.$$

Здесь: k — коэффициент фильтрации в кубических метрах в секунду;

B — ширина зеркала воды в канале в метрах;

H — глубина воды в канале; для мелких и средних каналов нужно вводить поправку за счет капиллярного подъема воды;

$$P = \frac{l}{l_1},$$

где l и l_1 — полные эллиптические интегралы I рода *.

ж) Потери на испарение с водной поверхности каналов обычно отдельно не учитываются. На 1 км длины канала потери на испарение равны:

$$Q_{\text{исп.}} = 1000 \cdot eB \text{ м}^3/\text{сек.},$$

где e — слой испарения в метрах в секунду;

B — ширина зеркала воды в метрах.

Сравнительная таблица рассчитанных различными способами процентов потерь воды на фильтрацию в оросительных каналах постоянного действия при глубоком залегании грунтовых вод, на 1 км длины канала

Расчетные данные											
Расход канала в кубических метрах в секунду Q	Ширина канала по дну в метрах b	Глубина воды в метрах h	Площадь живого сечения в квадратных метрах ω	Смоченный периметр в метрах p	Скорость в метрах в секунду $V_{\text{ср}}$	Откосы 1:1	Процент потерь, подсчитанный по таблице σ	Процент потерь по формуле А. Н. Костякова $\sigma = \frac{1,9}{Q^{0,4}}$	Процент потерь по формуле Мориса $\sigma = \frac{Q}{1,157 p \cdot k_0}$ при $k_0 = 0,27$ м в сутки	Процент потерь по формуле А. Н. Костякова	Процент потерь по формуле проф. В. В. Ведерникова (без поправки на капиллярный подъем воды).
0,2	0,3	0,36	0,307	0,52	0,65	1,22	9	3,62	2,37	2,65	3,31
0,5	0,75	0,52	0,666	0,72	0,75	1,79	6	2,51	1,38	1,55	1,94
1,0	1,50	0,62	1,33	0,75	0,75	2,74	4	1,90	1,02	1,11	1,41
3,0	3,00	1,18	3,75	0,80	0,80	4,36	1,80	1,23	0,56	0,62	0,78
5,0	4,00	1,68	6,25	0,67	0,80	5,36	1,10	1,00	0,42	0,47	0,59
10,0	4,00	2,07	12,5	0,86	0,80	8,14	0,50	0,76	0,31	0,34	0,43
20,0	8,00	2,40	25,0	14,8	0,80	12,80	0,50	0,57	0,23	0,25	0,32

* Для определения их проф. В. В. Ведерниковым дается таблица в его работе «Фильтрация из каналов» (Москва, Госстройиздат, 1934 г.) и в книге «Теория фильтрации» (Госстройиздат, 1939 г.).

§ 50. Потери воды в периодически действующей сети

Подсчет потерь в периодически действующей сети каналов — картовых оросителях, групповых и полевых распределителях — производится в проектировочной практике по общепринятой формуле:

$$S = \frac{\sigma \cdot l \cdot Q}{100},$$

где S — потери в кубических метрах в секунду;

σ — процент потерь на километр длины канала;

l — длина канала в километрах;

Q — расход канала в кубических метрах в секунду.

Для правильного подсчета следует величину l принимать в соответствии с формой водооборота по каналу, а σ — с поправкой на динамичность потерь во времени.

а) Расчетная длина каналов

Расчетную длину $l_{расч.}$ периодически действующей сети (полевых каналов и картовых оросителей) следует исчислять, исходя из средне-взвешенной протяженности работающей части канала за время водооборота по данному каналу в соответствии с формой водооборота.

Для картовых оросителей результаты анализа этих величин, в зависимости от числа ок-арыков на картовом оросителе, числа одновременно действующих ок-арыков и порядка включения их в работу, сведены в таблицу, в которой величиной a обозначены средние расстояния между ок-арыками.

Примечание. Длина карт одностороннего и двустороннего командования принята одинаковой; при двустороннем командовании ок-арыки предполагаются расположенными попарно по обе стороны картового оросителя.

Средне-взвешенная протяженность работающей части картового оросителя в зависимости от формы водооборота

Число ок-арыков на карте n		Число одновременно действующих ок-арыков на карте n'	Число тактов водооборота на карте		Средняя за период длина работающей части картового оросителя				α — отношение работающей части картового оросителя (среднее за период) к общей длине его	
					Командование					
одно-	двусто-		одно-	двусто-	одно-	двусто-	одно-	двусто-		
стороннее	стороннее		стороннее	стороннее	стороннее	стороннее	стороннее	стороннее		
6	12	2	3	6	3a	2,5a	0,60	0,50		
6	12	3	2	4	3,5a	3a	0,70	0,60		
8	16	2	4	8	4a	3,5a	0,57	0,50		
8	16	4	2	4	5a	4a	0,71	0,57		
9	18	3	3	6	5a	4,5a	0,63	0,56		
12	24	2	6	12	6a	5,5a	0,55	0,50		
12	24	3	4	8	6,5a	6a	0,59	0,55		
12	24	4	3	6	7a	6a	0,64	0,55		
15	30	3	5	10	8a	7,5a	0,57	0,54		
16	32	2	8	16	8a	7,5a	0,53	0,50		
16	32	4	4	8	9a	8a	0,60	0,53		

Длина картового оросителя принята не до конца карты, а до последнего ок-арыка. Порядок включения ок-арыков принят последовательным по длине картового оросителя, с одновременным включением рядом расположенных ок-арыков.

Общее выражение длины работающей, в среднем за период водооборота на карте, части картового оросителя может быть представлено в виде:

$$l_{расч.} = \alpha l_{к. ор.} \quad (1)$$

Значения α , в зависимости от числа ок-арыков на карте и водооборота на ней, приведены в таблице «Средне-взвешенная протяженность работающей части картового оросителя» (см. стр. 172) и колеблются в пределах от 0,50 до 0,71.

Рассмотренные нами случаи могут быть сведены к немногим группам в зависимости от длины карты и от числа одновременно работающих ок-арыков.

Средне-взвешенная протяженность работающей части картового оросителя в зависимости от длины карты и от числа одновременно работающих ок-арыков

Число действующих ок-арыков n'	Значения коэффициента α			
	Длинные карты		Короткие карты	
	К о м а н д о в а н и е			
	одностороннее $n > 10$	двустороннее $n > 20$	одностороннее $n < 10$	двустороннее $n < 20$
2	0,54	0,50	0,58	0,50
3	0,58	0,54	0,66	0,58
4	0,62	0,54	0,71	0,57

Для полевых каналов расчетные длины рабочей их части зависят: а) от числа одновременно работающих картовых оросителей, питающихся из данного канала;

б) от их взаимного расположения;

в) от командования картового оросителя (одностороннего и двустороннего).

Первые два условия определяются числом бригад, за которыми закреплено поле севооборота, поскольку в каждой бригаде может работать при поливе хлопчатника одновременно только один картовый ороситель.

При этом обычно исключается возможность одновременной работы рядом расположенных оросителей.

Коэффициенты α для этого звена колхозной оросительной сети приведены в таблице (см. стр. 174), в которой величиной b обозначена ширина поливных карт.

Длина полевых каналов принимается до головы последнего картового оросителя.

Общее выражение для определения расчетной длины полевого канала в среднем за период водооборота:

$$l_{расч.} = l_{хол.} + \alpha \cdot l_{пол. кан.}, \quad (2)$$

где $l_{хол.}$ и $l_{пол. кан.}$ соответственно длина холостой и рабочей части полевого канала.

Как видно из приведенной ниже таблицы, значения α для полевых каналов колеблются в пределах от 0,50 до 1,00.

Значение коэффициента α для полевого канала при размещении различного числа колхозных бригад в каждом поле севооборота

Одностороннее командование картовых оросителей.				Двустороннее командование картовых оросителей							
Число бригад в поле $N_{бр}$	Число карт в поле n	Число одновременно работающих картовых оросителей на поле n'	Число тактов водооборота	Средняя длина раб-ботающей части по-левого канала	Коэффициент α	Число бригад в поле $N_{бр}$	Число карт в поле n	Число одновременно работающих картовых оросителей на поле n'	Число тактов водооборота	Средняя длина ра-ботающей части по-левого канала	Коэффициент α
1	6	1	6	2,5 м	0,50	1	6	1	6	3 м	0,60
1	8	1	8	3,5 м	0,50	1	8	1	8	4 м	0,57
2	6	2	3	4 м	0,80	2	6	2	3	4,3 м	0,87
2	8	2	4	5,5 м	0,79	2	8	2	4	6 м	0,86
3	6	3	2	4,5 м	0,90	3	6	3	2	5 м	1,0
3	8	3	3	7 м	0,88	4	8	2	4	5 м	0,71
4	8	2	4	4,5 м	0,64	4	8	4	2	7 м	1,0
4	8	4	2	6,5 м	0,93	6	6	2	3	5,7 м	0,81
6	6	2	3	3 м	0,60	6	6	3	2	4 м	0,80
6	8	3	2	3,5 м	0,70	8	8	2	4	5 м	0,71
8	8	2	4	4 м	0,57	8	8	4	2	7 м	1,0
8	8	4	2	5 м	0,71						

б) Процент потерь на километр длины канала (σ)

При расчете потерь в периодически действующей сети должна учитываться динамичность потерь во времени.

Для подсчета потерь воды в каналах периодического действия можно применять формулу А. Н. Костякова для каналов периодического действия.

Формула А. Н. Костякова для определения потерь воды на фильтрацию в каналах периодического действия:

$$S_{\text{потери}} = \frac{1000 \cdot K t^{1-\alpha}}{3600^2} \cdot (b + 2ht \sqrt{1 + \varphi^2}) \text{ м}^3/\text{сек. на 1 км длины канала};$$

$$\sigma = \frac{S_{\text{потери}}}{Q \cdot t} \cdot 100 \text{ процентов на 1 км длины канала.}$$

Здесь: K — средняя скорость впитывания воды за первый час;
 t — время действия канала от начала пуска воды до прекращения работы его (в секундах);
 α — показатель степени в формуле скорости впитывания:

$$K_t = \frac{K_1}{t^\alpha}; \quad K_{cp} = \frac{K_0}{t^\alpha}.$$

$S_{\text{потери}}$ — потери воды на фильтрацию в канале на 1 км длины за одну секунду в кубических метрах;

Q — расход воды в канале в кубических метрах в секунду;

σ — процент потерь воды на 1 км длины канала.

Полевые наблюдения (ВНИИГиМ, 1935—1936 гг. в бассейне р. Мургаб, Туркменской ССР) показывают (см. черт. 101), что, в зависимости от продолжительности действия каналов, в условиях грунтов средней и выше средней проницаемости и близкого стояния грунтовых вод (около 2 м), величина σ изменяется по гиперболической кривой, достигая установившихся размеров $\sigma_{уст}$ лишь через 50—60 часов после пуска воды.

При расчетах удобнее пользоваться кривой средних (за период t действия канала) величин $\sigma_{ср} =$

$$= \frac{\sum \sigma \Delta t}{t} \text{ ‰ на километр; отношение } \beta = \frac{\sigma_{ср}}{\sigma_{уст}}$$
 является поправочным коэффициентом к формулам потерь в постоянно действующих каналах.

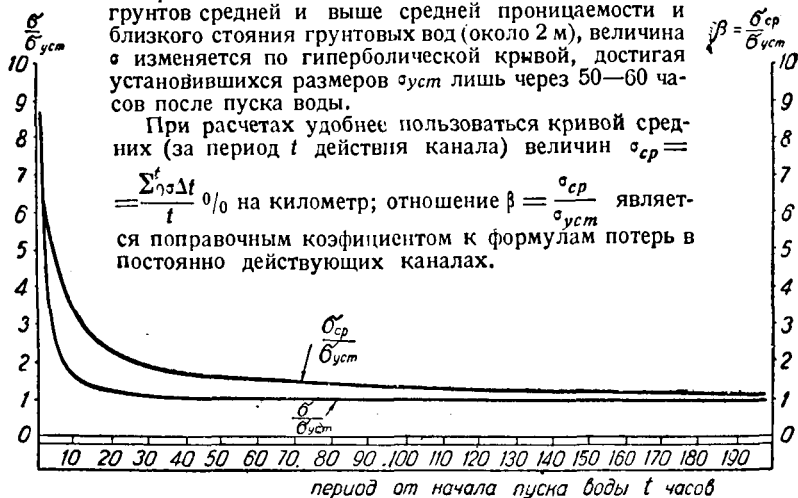


Рис. 101. График изменения потерь во времени в периодически действующей ирригационной сети.

С введением поправок на динамичность потерь отпадают основания для введения в расчет еще так называемых эксплуатационных потерь.

Поправочные коэффициенты β для каналов, с расходами до $0,25 \text{ м}^3/\text{сек.}$, проходящих в грунтах средней и выше средней водопроницаемости при близких грунтовых водах, приведены в таблице значений коэффициента β .

Таблица значений коэффициента β

Период работы канала t часов	1	5	10	15	20	30	40	60	80	100	150	200	300	500
Поправочный коэффициент $\beta = \frac{\sigma_{ср}}{\sigma_{уст}}$	6,74	4,68	3,24	2,62	2,28	1,90	1,70	1,47	1,36	1,28	1,19	1,14	1,09	1,05

При учете процента потерь в картовых и полевых каналах необходимо принимать во внимание ранее указанные коэффициенты α и β , ведя расчет потерь по формулам:

$$\sigma = \alpha \cdot \beta \cdot \sigma_{уст.} \quad (3)$$

$$S = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \sigma_{\text{учт.}} \cdot Q \cdot l}{100}; \quad (4)$$

где значения β принимаются для периода t , равного всей продолжительности такта работы канала, а l — полная длина канала.

Расчет потерь в периодически действующих групповых каналах ведется для первых 24 часов их работы по формуле $\sigma = \beta \cdot \sigma_{\text{учт.}}$, а для последующих суток непрерывной работы — по формуле $\sigma = \sigma_{\text{учт.}}$.

При исчислении потерь учитывается изменение процента потерь σ в связи с уменьшением расхода по длине групповых и полевых каналов по мере вывода воды в полевые или картовые оросители, что несколько влияет на величину потерь по отдельным участкам группового или полевого канала.

Для картовых оросителей изменение расхода по их длине может не приниматься во внимание, поскольку они работают при постоянных подпорах воды.

Более точный подсчет потерь, с учетом, помимо динамичности l и σ , также и влияния изменения расходов по длине полевых каналов, сложен, поскольку необходимо определять значения σ для каждого участка канала между картовыми оросителями и находить средне-взвешенное значение σ для канала в целом.

Формулы для точного подсчета таковы:

$$\sigma = \frac{\sum t' \cdot \beta \cdot \sigma_{\text{учт.}} \cdot Q'_n \cdot \sigma}{t(n-1) \cdot \sigma \cdot Q} = \frac{\sum t' \cdot \beta \cdot \sigma_{\text{учт.}} \cdot Q'_n}{t(n-1) Q} \quad (5)$$

и

$$S = \frac{\alpha \cdot Q \cdot l}{100} = \frac{\sum t' \cdot \beta \cdot \sigma_{\text{учт.}} \cdot Q'_n \cdot \sigma}{t(n-1) \cdot 100}, \quad (4')$$

где t — продолжительность работы полевого канала;

t' — продолжительность работы участка полевого канала;

Q'_n — средний расход нетто на участке канала;

Q — расход нетто канала.

Значения β и $\sigma_{\text{учт.}}$ принимаются для каждого участка в соответствии с его расходом Q'_n и продолжительностью его работы.

Однако расхождение между величинами потерь (S), определенными по указанным точным формулам и по формуле (4), не превышает обычно 5—6%.

Поэтому применение уравнений (3) и (4) является вполне допустимым в практике расчетов.

Примеры подсчета потерь

Полевой канал обслуживает 6 карт, закрепленных за 6 полевыми бригадами.

Одновременно работают $n'=3$ картовых оросителя из $n=6$. Расход картового оросителя — 80 л/сек.-нетто.

Продолжительность двухтактного полива поля — 30 часов.

В 1-й такт работают картовые оросители № 1, 2, 3, во 2-й такт — № 4, 5, 6.

а) Исчисление величин потерь по уравнению (5) сведено в нижеследующую таблицу;

Таблица точного расчета величин α и S

	Участок полевого канала между картовыми оросителями №					
	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	Всего
Расход воды на участке Q'_n						
1-й такт	160	80	—	—	—	
2-й такт	240	240	240	160	80	
средний	200	160	240	160	80	
$\alpha_{уст}$ по средней кривой А. Н.						
Костякова	3,6	4,0	3,3	4,0	5,0	
Продолжительность работы участка t' часов	30	30	15	15	15	
β	1,90	1,90	2,62	2,62	2,62	
$\alpha \cdot \beta \cdot \alpha_{уст} \cdot Q'_n$	41 040	36 480	31 126	25 152	15 720	149 518

Согласно (5):

$$\alpha = \frac{149\,518}{30 \cdot (6-1) \cdot 240} = 4,15\%$$

По формуле (4'):

$$S = \frac{149\,518}{30 \cdot (6-1) \cdot 100} (6-1) \cdot \alpha = 49,8 \text{ в}$$

при $v = 0,1$ км

$$S = 4,98 \text{ л/сек.}$$

а) При подсчете потерь по упрощенным формулам (3) и (4):

$$\alpha = \alpha \cdot \beta \cdot \alpha_{уст.} = 0,70 \cdot 1,90 \cdot 3,3 = 4,38\%$$

$$S = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \alpha_{уст.} \cdot Q \cdot l}{100} = \frac{0,70 \cdot 1,90 \cdot 3,3 \cdot 240 \cdot 5 \cdot 0,1}{100} = 5,27 \text{ л/сек.}$$

Значения α и β взяты из таблиц «Значения коэффициента α для полевого канала при размещении различного числа колхозных бригад в каждом поле севооборота» (стр. 174) и «Таблицы значений коэффициентов β » (стр. 175).

Расхождение — около 5,6% от величины потерь.

в) Соответственно для картовых оросителей, работающих в данном примере по $\frac{30}{2} = 15$ часов, при $\alpha = 0,70$ и $l = 0,6$ км

$$\alpha = \alpha \cdot \beta \cdot \alpha_{уст.} = 0,70 \cdot 2,62 \cdot 5 = 9,16\%$$

$$S = \frac{0,70 \cdot 2,62 \cdot 5 \cdot 80 \cdot 0,6}{100} = 4,4 \text{ л/сек.}$$

в) Упрощенный метод подсчета потерь при разных формах водооборота

При составлении схематических проектов или при эксплуатационных расчетах, относящихся к планированию водопользования в колхозах, возможно прибегать к упрощенному методу исчисления потерь:

Потери в периодически действующей сети в этом случае могут быть определены по формулам:

$$\sigma = \delta \cdot \sigma_{уст} \quad (6)$$

и

$$S = \frac{\delta \cdot \sigma_{уст} \cdot Q \cdot l}{100}; \quad (7)$$

где $\sigma_{уст}$ — процент потерь, определенный по эмпирическим формулам А. Н. Костякова;

l — полная длина каналов;

Q — общий расход канала.

Величины коэффициента δ , определенные на основании рассмотрения связи произведений величин α и β с продолжительностью t непрерывной работы (в часах) полевого или картового канала, при различных формах водооборота, характеризуются кривой (см. рис. 102) с уравнением *:

$$\text{для } t < 10 \quad \delta = 4,50 - 0,18t;$$

$$\text{для } t > 10 \quad \delta = 0,54 + \frac{21,55}{t};$$

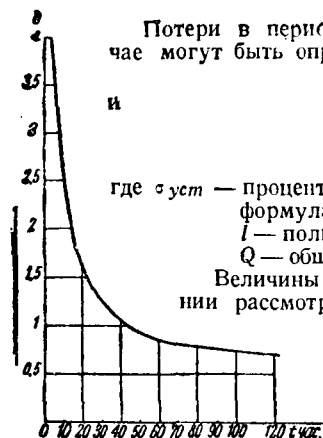


Рис. 102. Зависимость поправочных коэффициентов δ от продолжительности работы канала t .

Кривая применима в условиях грунтов средней и выше средней водопроницаемости и близких грунтовых вод. Значения δ , согласно кривой, даны в таблице.

Таблица значений δ

Продолжительность непрерывной работы канала t часов . . .	5	10	15	20	30	40	60	80	100	120
Величина δ . . .	3,50	2,70	1,98	1,62	1,26	1,08	0,90	0,81	0,76	0,72

Результаты применения упрощенной формулы (6) покажем для условия примера, приведенного выше.

Для полевого канала имеем:

$$t = 30 \text{ часов; } Q = 240 \text{ л'сек.; } \sigma_{уст.} = 3,3\% \text{ на } 1 \text{ км.}$$

Коэффициент δ по «Таблице значений δ » равен 1,26.

$\sigma = \delta \cdot \sigma_{уст} = 1,26 \cdot 3,3 = 4,16\%$, по сравнению с полученным по формуле (5) $\sigma = 4,15\%$.

Для картового оросителя: $t = 15$ часов; $Q = 80$ л/сек., $\sigma_{уст} = 5\%$ на 1 км.

Из «Таблицы значений δ » $\delta = 1,98$; $\sigma = 1,98 \cdot 5 = 9,9\%$, вместо $9,2\%$ по формуле (3).

§ 51. Расчетные командные горизонты воды в оросительных каналах

Расчетные горизонты воды в проектируемых оросительных каналах, для принятых расчетных значений элементов поперечного и продольного профиля, зависят от:

* Формулы для δ выведены М. И. Вилькомиром.

- 1) расчетных расходов канала;
- 2) расчетных коэффициентов шероховатости канала;
- 3) проектируемых подпорных сооружений,
- 4) пlynний закруглений, ветра и случайных причин, изменяющих скорости и т. п.

В проектах рекомендуется устанавливать следующие расчетные командные горизонты каналов:

1) **Нормальный командный расчетный горизонт ($H_{\text{норм}}$)**. Этот расчетный горизонт соответствует нормальному расчетному расходу в отсутствии подпора воды в канале.

2) **Минимальный расчетный горизонт ($H_{\text{мин}}$)**.

3) **Максимальный командный расчетный горизонт ($H_{\text{макс}}$)**. Горизонт может быть свободным или подпертым, в соответствии с чем в проектах должно быть сделано указание; например, максимальный расчетный горизонт должен быть обозначен или как $H_{\text{макс}}^{\text{бесподп}}$, или как $H_{\text{макс}}^{\text{подп}}$.

Максимальный расчетный подпорный (или бесподпорный) горизонт воды в канале определяется как предельный, выше которого вода в канале не должна подниматься; поэтому при установлении его учитываются наихудшие условия работы канала, т. е. максимальный расход и максимальный расчетный коэффициент шероховатости. Для ответственных крупных каналов должно быть еще, сверх этих условий, учтено влияние радиуса закругления канала, ветра и уменьшения живого сечения от случайных причин.

Нормальный командный расчетный горизонт воды устанавливается при нормальном расчетном расходе и нормальном коэффициенте шероховатости. Этот горизонт, как правило, должен быть командующим без подпора воды в канале.

Минимальный расчетный горизонт воды в канале будет соответствовать горизонту при минимальном расходе канала и нормальном коэффициенте шероховатости; он может быть как бесподпорным, так и подпорным.

Минимальный бесподпорный горизонт воды в месте выпуска на расчетном канале определяет, нужно ли устраивать подпорное сооружение. Если при минимальном расчетном расходе канала горизонт его получается меньше минимального командного горизонта, то необходимо ставить подпорное сооружение или повышать дно канала.

Превышение горизонта воды в картовых оросителях над поливной площадью. При поливе по бороздам горизонт воды в картовом оросителе, при нормальном расчетном расходе его и нормальном расчетном коэффициенте шероховатости, должен быть выше отметки земли по трассе канала на 0,10—0,15 м.

Указанные нормальные запасы командования горизонтов воды картовых оросителей допустимы при правильной проектировке трассы картовых оросителей, т. е. при условии командования трассы над поливной площадью.

Некомандные мелкие бугры должны быть включены в планировку. Более крупные некомандные площади, если планировка их в проекте не предусмотрена, в площадь командования картового оросителя не включаются.

Превышение горизонта воды в групповых распределителях над горизонтом воды в картовых оросителях. Горизонт воды в групповом распределителе при нормальном расчетном расходе его и нормальном расчетном коэффициенте шероховатости должен превышать горизонт воды в картовом оросителе при нормальном расчетном расходе и максимальном

расчетном коэффициенте шероховатости не меньше как на 0,05 м и 0,10 м.

Это превышение горизонта может быть осуществлено за счет глубины наполнения группового распределителя как в свободном, так и в подпорном состоянии. В последнем случае в проекте должно быть предусмотрено надлежащее количество подпорных сооружений на групповом распределителе. Так как групповые распределители подают воду только в часть картовых оросителей, на них неизбежны перегораживающие и подпорные сооружения.

Минимальное количество постоянных подпорных сооружений на групповом (внутриколхозном) распределителе рассчитывается, исходя из условий одновременной подачи воды в группу одновременно работающих картовых оросителей, расположенных рядом.

Однако в проекте необходимо обеспечить возможность иного полива карт по групповому (внутриколхозному) распределителю, для чего должны быть предусмотрены дополнительные постоянные подпорные сооружения или запроектированы временные переносные подпорные сооружения.

Превышение горизонта воды в старших распределителях над горизонтами воды в младших распределителях и в магистральных над распределителями. Необходимо, чтобы горизонт воды в старшем канале (распределитель или магистраль), соответствующий его нормальному расходу, был без подпора выше горизонта младшего распределителя, при максимальном расходе последнего, на величину, не меньше потери напора при проходе воды через головной регулятор (но не меньше 0,10—0,05 м).

При расчете горизонтов воды в старшем и в младшем каналах принимается нормальный расчетный коэффициент шероховатости.

При минимальном горизонте допускается командование при помощи подпорных горизонтов.

ГЛАВА IX

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И ЭЛЕМЕНТЫ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ ОРОСИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

§ 52. Основные расчетные формулы гидравлического расчета и значения коэффициента шероховатости в каналах и естественных руслах

1. Основными формулами для гидравлического расчета ирригационных каналов при равномерном движении воды в них является формула средней скорости Шези:

$$v_{cp} = c \sqrt{RJ}$$

и формула расхода

$$Q = v_{cp} F,$$

где v_{cp} — средняя скорость потока в метрах в секунду;

R — гидравлический радиус живого сечения в метрах;

c — скоростной коэффициент Шези в метрах в секунду;

J — продольный уклон поверхности воды, а при равномерном движении воды в призматическом русле — параллельный ему продольный уклон дна;

Q — расчетный расход канала в кубических метрах в секунду;

F — площадь живого сечения канала в квадратных метрах.

2. Для определения значения скоростного коэффициента c в настоящее время обычно пользуются формулами:

а) Гангиле — Куттера:

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

при $J \leq 0,0005$;

$$c = \frac{2 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23 \cdot n}{\sqrt{R}}}$$

при $J > 0,0005$.

б) Базена:

$$c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

в) Маннинга:

$$c = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$$

г) Форхгеймера:

$$c = \frac{1}{n} R^{0,2}$$

д) Акад. Н. Н. Павловского:

$$c = \frac{1}{n} R^y;$$

$$y = 2,5 \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \sqrt{R} (\sqrt{n} - 0,10)$$

или приближенно

$$y = 1,5 \sqrt{n} \text{ при } 0,1 \leq R \leq 1,0 \text{ м; } y = 1,3 \sqrt{n} \text{ при } 1,0 \leq R \leq 3,0 \text{ м.}$$

В приведенных формулах n есть коэффициент шероховатости русла по шкале Гангиле — Куттера, а γ — коэффициент шероховатости русла по шкале Базена.

Для гидравлического расчета оросительных каналов рекомендуется пользоваться преимущественно формулой Гангиле — Куттера.

3. Значение коэффициента шероховатости сильно отражается на размерах канала. Вместе с тем коэффициент шероховатости зависит не только от крупности выступов поверхности русла внутри потока, что обуславливает относительную гладкость или шероховатость поверхности русла, но и от общего характера русла (извилистость в плане, отклонение от призматичности) и от режима течения. Поэтому выбор значения коэффициента шероховатости надо делать особо тщательно. При проектировании больших каналов необходимо определять значения коэффициента шероховатости специальными исследованиями.

4. Для основной ориентировки можно пользоваться следующей таблицей общих значений коэффициента шероховатости по шкале Гангиле — Куттера:

Таблица общих значений коэффициента шероховатости n по шкале Гангилье — Куттера

№ по порядку	Характеристика русла	Значения	
		n	$C_{\text{пл}}$
1	Исключительно гладкие поверхности: стеклянные, шлифованные металлические; поверхности, покрытые эмалью или глазурью	0,0009	111,1
2	Весьма тщательно остроганные, плотно пригнанные доски, лучшая штукатурка с ожелезнением из чистого цемента	0,010	100,0
3	Лучшая штукатурка цементом с прибавкой $\frac{1}{3}$ песка, хорошо остроганные доски, чистые (новые) железные, чугунные, гончарные трубы, хорошо уложенные и плотно соединенные	0,011	90,9
4	Нестроганные хорошо пригнанные доски; очень хорошая бетонировка; водопроводные трубы в нормальном состоянии без заметных наростов; очень чистые водосточные трубы	0,012	83,3
5	Лучшая тесовая кладка; хорошая кирпичная кладка; мало загрязненные водопроводные трубы; водосточные трубы в нормальном состоянии	0,013	76,9
6	Загрязненные водопроводные и водосточные трубы; средняя бетонировка каналов	0,014	71,4
7	Средняя кирпичная кладка; облицовка из тесаного камня в средних условиях; сильно загрязненные водосточные трубы; брезент по деревянным рейкам	0,015	66,7
8	Хорошая бутовая кладка; старая расстроенная кирпичная кладка; сравнительно грубая бетонировка; очень гладкая, хорошо разработанная скала	0,017	58,8
9	Каналы, выстланные толстым устойчивым слоем ила; каналы в плотном лёссе и плотном мелком гравии, выстланные сплошной пленкой ила и находящиеся в безукоризненном состоянии	0,018	55,6
10	Средняя бутовая кладка; булыжная мостовая; каналы, чисто вырубленные в скале; каналы в лёссе, плотном гравии, плотной земле, выстланные сплошной пленкой ила и находящиеся в нормальном состоянии	0,020	50,0
11	Каналы в плотной глине; каналы в лёссе, в гравии, в земле, выстланные не сплошной пленкой ила, большие земляные каналы в условиях хорошего содержания и ремонта	0,0225	44,4
12	Хорошая сухая кладка; крупные земляные каналы в средних условиях ремонта и ухода и малые каналы в хороших условиях ремонта и ухода; реки в очень хороших условиях (чистое, прямое ложе без обвалов и промоин, свободное течение)	0,025	40,0

№ п/п	Характеристика русла	Значения	
		n	$1/n$
13	Земляные каналы мелкие в средних условиях ремонта и ухода, крупные в условиях ниже среднего	0,0275	36,4
14	Земляные каналы в плохих условиях (местами с водорослями, булыжниками или гравием на дне, заметно заросшие травой, с местными обвалами берегов); реки в благоприятных условиях . . .	0,030	33,3
15	Земляные каналы в весьма плохих условиях (с неправильным профилем, заметно засоренные водорослями и камнями); реки в удовлетворительных условиях с некоторым количеством камней и водорослей	0,035	28,6
16	Земляные каналы в исключительно плохих условиях (значительные обвалы и промоины, заросли камыша, густые корни, крупные камни по руслу и пр.); реки при ухудшении условий по сравнению с предыдущими пунктами (увеличенные количества камней и водорослей, извилистое ложе с небольшим количеством промоин и отмелей и пр.)	0,040	25,0

Для более детальной ориентировки может служить нижеследующая таблица, где значения коэффициента шероховатости n по шкале Гангиле — Куттера дифференцированы в соответствии с условиями постройки, ремонта, ухода и содержания канала или реки.

Таблица значений коэффициента шероховатости n (по шкале Гангиле — Куттера), дифференцированных в соответствии с условиями постройки и содержания канала (или реки)

№ по порядку	Характеристика русла	Значение n в условиях			
		очень хороших	хороших	средних	плохих
Цементные поверхности					
1	Поверхности из чистого цемента	0,010	0,011	0,012	0,013
2	Поверхности, оштукатуренные цементным раствором	0,011	0,012	0,013	0,015
Бетонированные каналы					
3	Наиболее гладкие в практике поверхности с весьма тщательной отделкой откосов и дна с хорошо устроенными швами облицовок, без песка и гравия на дне, с наибольшим количеством закруглений на трассе, имеющих большой радиус . . .	—	0,011	0,012	0,013
4	Без тщательной сплошной штукатурки или при не вполне ровно затертой поверхности, с удовлетворительно устроенными швами, без песка и гравия на дне, с закруглениями в плане, имеющими радиус средней величины	—	0,013	0,014	0,015

№ по порядку	Характеристика русла	Значение λ в условиях			
		очень хороших	хороших	средних	плохих
5	То же что в пп. 3 и 4, но при наличии песка и гравия на дне. Шероховатые бетонные поверхности, худшие швы, крутые закругления	—	0,015	0,016	0,018
6	Бетонировка, выполненная цемент-пушкой:				
	а) со сглаживанием поверхности проволочными щетками	—	0,016		
	б) без сглаживания поверхности щетками в средних условиях производства	—	—	0,019	
	Металлические желоба				
7	Гладкие неокрашенные металлические желоба	—	0,011	0,012	0,014
8	Гладкие окрашенные металлические желоба	—	0,012	0,013	0,017
9	Ржавые металлические желоба	—	Коеф. увеличиваются примерно в два раза.		
	Деревянные лотки и желоба				
10	Лотки из продольно расположенных строганых досок или брусев	—	0,011	0,014	0,018
11	Лотки из продольно расположенных нестроганых досок или брусев	—	0,012	0,015	0,018
12	Деревянные клепочные желоба	—	0,011	0,012	0,014
13	Лотки из поперечно расположенных строганых досок или брусев	{	0,012	0,015	0,019
		—	0,013	0,016	0,020
14	Лотки из поперечно расположенных нестроганых досок или брусев	{	0,013	0,016	0,019
		—	0,014	0,017	0,020
15	Деревянные лотки с наколочными планками	0,012	0,015	0,016	—
	Каналы с кирпичной и каменной облицовкой				
16	Кладка из кирпича, покрытого глазурью . .	—	0,012	0,013	0,015
17	Кирпичная кладка на цементном растворе .	—	0,012	0,015	0,017
18	Облицовка из тесаного камня	—	0,013	0,015	0,017
19	Бутовая кладка на цементном растворе . .	—	0,017	0,020	0,030
				0,025	
20	Сухая кладка	—	0,025	0,030	0,035
21	Бульжная мостовая	—	—	{0,020 0,0225	—
	Каналы в скальной выемке				
22	Каналы, чисто высеченные в скале	—	—	{0,020 0,025	—
23	Каналы в средних условиях производства скальных работ без сплошного и тщательного сглаживания поверхности, но со срубанием более заметных выступов	—	—	{0,030 0,035	—

№ по порядку	Характеристика русла	Значение n в условиях			
		очень хороших	хороших	средних	плохих
24	Каналы, грубо высеченные в скале	—	—	{ 0,040 0,045	—
Земляные каналы					
25	Земляные каналы с призматическим руслом в плотном грунте (лёсс, глина, мелкий гравий) чистые	0,017	0,020	0,0225	0,025
26	Земляные каналы извилистые в плане с правильным руслом в плотном грунте . .	0,0225	0,025	0,0275	0,030
27	Каналы в гравии и песке, правильной формы, чистые	0,020	0,025	0,027	0,030
28	Каналы в лёссе или глине, засоренные и заросшие	—	0,027	0,030	0,035
29	Каналы в галечнике	0,025	0,027	0,030	0,033
30	Габрионная кладка		0,025		
31	Каналы с заиленным дном и откосами из каменной кладки	0,025	0,030	0,033	0,035
32	Грубое каменистое дно с заросшими земляными откосами	0,025	0,030	0,035	0,040
33	Заиленные каналы, вырытые землечерпалкой	0,025	0,0275	0,030	0,033
Естественные водотоки					
34	Чистое прямое русло без глубоких промоин, без отмелей при большой глубине	0,025	0,0275	0,030	0,033
35	То же с небольшим количеством водорослей и камней	0,030	0,033	0,035	0,040
36	Чистое извилистое русло с небольшим количеством промоин и отмелей	0,033	0,035	0,040	0,045
37	То же с небольшим количеством водорослей и камней	0,035	0,040	0,045	0,050
38	То же, что в п. 36, но при меньших глубинах с меньшими уклонами, с менее эффективно работающим сечением	0,040	0,045	0,050	0,055
39	То же, что в п. 38, на более каменистых участках	0,045	0,050	0,055	0,060
40	Участки рек с замедленным течением, значительно заросшие или с очень глубокими промоинами	0,050	0,060	0,070	0,080
41	Весьма сильно заросшие участки рек	0,075	0,110	0,125	0,150

5. Размеры канала (пропускная способность, запасы в дамбах) рассчитываются по значению коэффициента шероховатости n , соответствующему средним и хорошим условиям.

Вышеприведенные правила применимы в том случае, когда вся смоченная поверхность русла (и откосы) обладает одинаковой шероховатостью.

6. Значения коэффициента шероховатости по формуле Базена, а также таблицы и графики значений c по различным формулам приведены в I томе «Справочника по гидротехнике и мелиорации» на стр. 313.

§ 53. Незаиляющие скорости в оросительных каналах *

1. Проект норм для расчета допускаемых незаиляющих скоростей дан Гидроэнергопроектом. Согласно этому проекту, расчет незаиляющих скоростей в открытых оросительных каналах может производиться следующими способами.

Первый способ: на основании специальных исследований, организуемых при проектировании данного канала.

Второй способ: на основании использования материалов исследований, относящихся к каналам, находящимся в условиях, аналогичных тем, в которых находится проектируемый канал.

Третий способ: на основании эмпирических и теоретических формул.

2. Расчет каналов по первому способу (с производством специальных исследований) производится при составлении технических проектов каналов I и II классов.

Способы второй и третий применяются в остальных случаях в зависимости от наличия материалов.

3. При применении второго способа (п. I) расчеты ведут следующим образом: сравнивая результаты непосредственных наблюдений с результатами, получаемыми при применении одной из формул, приводимых ниже (см. ниже формулы Кеннеди, Гриффитс-Ласея, А.А. Черкасова, В. Н. Гончарова), выбирают в основу дальнейших расчетов ту, которая дает наилучшие результаты.

4. При применении третьего способа пользуются формулами.

1. Формулы Кеннеди и Гриффитс-Ласея

Для расчетов каналов на заиление в случаях, указанных в п. 4, применяются следующие формулы Кеннеди (1) и Гриффитс-Ласея (2):

$$1) \quad v_{кр} = a \cdot h^{0,64}, \quad (1)$$

$$2) \quad v_{кр} = a_1 \cdot R^{0,5}, \quad (2)$$

где $v_{кр}$ — критическая средняя скорость течения в метрах в секунду;

h — средняя глубина канала в метрах;

R — гидравлический радиус в метрах;

и a, a_1 — коэффициенты, значения которых указаны в таблице.

Таблица значений коэффициентов a и a_1 в формулах Кеннеди и Гриффитс-Ласея

Характеристика грунта	a	a_1
Крупные песчано-илистые наносы	0,60—0,71	0,65—0,77
Средние песчано-илистые наносы	0,54—0,57	0,58—0,64
Мелкие наносы	0,39—0,41	0,41—0,45
Очень мелкие наносы	0,34—0,37	0,37—0,41

* Подробная литературная сводка имеющихся материалов по изучению незаиляющих скоростей сделана проф. А. А. Черкасовым и напечатана в «Материалах для проектирования ирригационных каналов», Гидропроез, 1936 г.

2. Формула проф. А. А. Черкасова

Для проверочных расчетов допускается применение следующей формулы, предложенной проф. А. А. Черкасовым:

$$v_{кр} = 0,646\alpha \cdot \beta \cdot R^{0,5},$$

где $v_{кр}$ — критическая скорость в метрах в секунду;

R — гидравлический радиус в метрах;

α и β — коэффициенты, значения которых указаны в таблицах:

Таблица значений коэффициента α в формуле А. А. Черкасова

$R \cdot J \cdot 10^6$	α	$R \cdot J \cdot 10^6$	α	$R \cdot J \cdot 10^6$	α
50	0,970	200	0,995	400	1,020
75	0,975	225	1,000	450	1,025
100	0,980	275	1,005	500	1,030
125	0,985	300	1,010		
150	0,990	350	1,015		

Примечание к таблице значений коэффициента α :

R — гидравлический радиус в метрах;

J — продольный уклон потока.

Таблица значений коэффициента β в формуле А. А. Черкасова

η грамм-сантиметр литр-секунда	β	η грамм-сантиметр литр-секунда	β	η грамм-сантиметр литр-секунда	β
0,001	0,735	0,15	0,935		
0,010	0,815	0,20	0,950	1,5	1,075
0,020	0,840	0,30	0,975	2,0	1,090
0,030	0,860	0,40	0,990	3,0	1,120
0,040	0,870	0,50	1,005	4,0	1,140
0,050	0,880	0,60	1,015	5,0	1,160
0,060	0,890	0,70	1,025	7,0	1,180
0,080	0,900	0,80	1,030	10,0	1,215
0,100	0,915	0,90	1,040	15,0	1,250
		1,00	1,045	20,0	1,270

Примечание к таблице значений коэффициента β :
В формуле А. А. Черкасова буквой η обозначен гидромеханический эквивалент наносов, равный:

$$\eta = \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma} \cdot \xi \cdot \frac{\sum_1^n (W_1 \rho_1)}{\sum_1^n \rho_1} \cdot \frac{\text{г-см}}{\text{л-сек.}}$$

где γ_1 — удельный вес материала наносов;

γ — удельный вес воды;

ξ — мутность потока, т. е. количество граммов наносов в 1 л расхода потока;

W_1 — осредненная гидравлическая крупность частиц фракции порядка l см/сек.;

ρ_1 — содержание этой фракции во всем составе в процентах;

n — число фракций при гранулометрическом анализе.

Если $\gamma_1 = 2,66$ и $\gamma = 1,0$,

То:

$$\eta = 0,624 \cdot \xi \cdot \frac{\sum_1^n (W_1 \rho_1)}{\sum_1^n \rho_1} \cdot \frac{\text{г-см}}{\text{л-сек.}}$$

Значения W_1 по Хазену — Черкасову следующие:

Диаметр фракции (в миллиметрах)	Величина W_1	Диаметр фракции (в миллиметрах)	Величина W_1
< 0,001	0,00005	0,05 — 0,25	1,272
0,001—0,005	0,00158	0,25 — 0,50	3,899
0,005—0,010	0,01635	0,50 — 1,00	7,527
0,01 — 0,05	0,124		

Если критическая скорость, вычисленная по формулам, получается меньше 0,27 м/сек., принимается $v_{кр}=0,27$ м/сек.

3. Формула проф. Е. Н. Гончарова

Допускается также пользование для поверочных расчетов таблицей, предложенной проф. В. Н. Гончаровым.

Таблица проф. В. Н. Гончарова для поверочных расчетов критической скорости

Состав взвешенных наносов }	Средняя глубина h м	При весовом содержании фракции наносов крупнее 0,005 мм в промиллях						
		0,1	0,5	1,0	2,5	5,0	7,5	10
Значения $v_{кр}$ в метрах в секунду								
75% частиц диаметром от 1,0 до 0,25 мм и 25% частиц диаметром от 0,25 до 0,05 мм	0,30	0,22	0,30	0,34	0,41	0,48	0,51	0,53
	0,60	0,28	0,36	0,42	0,51	0,60	0,66	0,69
	1,00	0,35	0,45	0,52	0,64	0,75	0,81	0,86
	1,50	0,40	0,53	0,63	0,75	0,89	0,97	1,02
	2,00	0,45	0,59	0,70	0,85	1,00	1,09	1,15
	2,50	0,48	0,65	0,77	0,92	1,11	1,22	1,28
3,00	0,53	0,72	0,83	1,02	1,21	1,33	1,38	
25% частиц диаметром от 1,0 до 0,25 мм и 75% частиц диаметром от 0,25 до 0,05 мм	0,30	0,28	0,38	0,44	0,53	0,62	0,66	0,69
	0,60	0,36	0,47	0,54	0,66	0,78	0,86	0,90
	1,00	0,45	0,58	0,67	0,83	0,97	1,06	1,12
	1,50	0,52	0,69	0,82	0,98	1,16	1,26	1,32
	2,00	0,59	0,77	0,90	1,10	1,30	1,42	1,49
	2,50	0,63	0,84	1,00	1,20	1,43	1,58	1,66
3,00	0,69	0,93	1,08	1,33	1,56	1,72	1,80	
75% частиц диаметром от 0,25 до 0,05 мм и 25% частиц диаметром от 0,05 до 0,005 мм	0,30	0,39	0,53	0,61	0,73	0,86	0,92	0,96
	0,60	0,50	0,65	0,75	0,92	1,08	1,19	1,24
	1,00	0,62	0,81	0,93	1,14	1,34	1,46	1,35
	1,50	0,72	0,96	1,13	1,36	1,60	1,72	1,83
	2,00	0,79	1,07	1,25	1,53	1,80	1,96	2,06
	2,50	0,99	1,17	1,38	1,66	1,99	2,20	2,30
3,00	1,18	1,29	1,49	1,84	2,16	2,38	2,49	
25% частиц диаметром от 0,25 до 0,05 мм и 75% частиц диаметром от 0,05 до 0,005 мм	0,30	0,57	0,77	0,88	1,05	1,24	1,33	1,38
	0,60	0,72	0,94	1,09	1,33	1,56	1,72	1,80
	1,00	0,90	1,17	1,34	1,65	1,94	2,11	2,24
	1,50	1,04	1,38	1,64	1,96	2,31	2,51	2,64
	2,00	1,18	1,54	1,81	2,20	2,60	2,83	2,97
	2,50	1,25	1,69	2,00	2,39	2,87	3,17	3,31
3,00	1,38	1,87	2,16	2,65	3,12	3,44	3,60	

Примечание к таблице проф. Гончарова. Значения $v_{кр}$ вычислены по формуле:

$$v = \frac{0,535}{h} \left(\frac{v_{кр}}{v_0 h^{0,2}} \right)^4 \cdot \left(1 - \frac{v_0 h^{0,2}}{v_{кр}} \right),$$

где p — весовое содержание фракции наносов крупнее 0,005 мм в процентах;
 v_0 — скорость (в метрах в секунду), при которой происходит осаждение наносов данной крупности при глубине потока 1 м;

$v_{кр}$ — критическая скорость (в метрах в секунду);

h — глубина потока (в метрах).

Условия заилиenia каналов могут быть определены по формуле инж. Хорста:

$$\rho W_1 \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma_1} = 2500 v R i,$$

здесь; γ_1 — удельный вес наносов источника орошения;

γ — удельный вес воды источника орошения;

ρ — допустимая относительная мутность воды в канале в кг/м³, при принятых размерах его,

W_1 — осредненная гидравлическая крупность наносов, поступающих в канал (в сантиметрах в секунду);

v — средняя скорость воды в канале (в метрах в секунду);

R — гидравлический радиус в метрах;

i — уклон канала.

4. Допуски

При проектировании оросительных каналов рекомендуется средние скорости не допускать ниже 0,30 м/сек. в мелких каналах с расходом до 0,5 м³/сек. и 0,5 м/сек. в крупных каналах с расходом более 2,0 м³/сек.

Расчетные средние скорости при нормальных расходах и нормальных коэффициентах шероховатости должны быть больше критических незаиляющих скоростей при этих же условиях не менее как на 5—10%, т. е.:

$$v_{ср} \geq (1,05 - 1,10) v_{кр}.$$

Проектирование незаиляющих скоростей не полностью обеспечивает каналы от заилиenia, ввиду того что на системе неизбежны подпорные сооружения, пониженные расходы воды и пр. Поэтому на крупных распределителях целесообразно устройство отстойников — уширенных участков каналов в местах, где можно обеспечить удаление осевших наносов.

§ 54. Размывающие скорости

1. Ввиду малой изученности явления размыва дать расчетную формулу размывающей скорости ($v_{разм}$) пока нельзя.

2. При проектировании значения размывающей скорости следует устанавливать специальными исследованиями в конкретных условиях проектируемого канала с учетом всех фактов, влияющих на $v_{разм}$: характера руслового грунта, размеров поперечного сечения канала, его уклона, коэффициента шероховатости русла, распределения скоростей, степени турбулентности, характера наносов, влекомых потоком в суспензии и по дну.

3. Для ориентировочного определения средней скорости, при которой начинается размыв русла, можно пользоваться таблицей критических по размыву средних скоростей, составленной проф. А. А. Черкасовым (см. табл. на стр. 190—194).

Таблица критических (по размыву) средних скоростей для потоков с гидравлическим радиусом R от 0,2 до 2,0 м

№ по порядку	Номенклатура грунта русла канала	Гранулометрическая характеристика	Объемный вес в г/см ³	Размывающая скорость v_1 при $R=1$ м	Показатель степени n	Влияние коллоидальных наносов на v_1	Влияние наносов песчаных на v_1	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тонкий коллоидальный ил	Фракция $d < 0,0025$ мм составляет больше 50% веса пробы наносов; $d_{max} = 0,1$ мм. Много органической примеси	—	0,20—0,25	0,5	—	—	Нижний предел v_1 относится к рыхлому залеганию грунта, верхний—к плотному
2	Тяжелый ил	Фракция $d < 0,0025$ мм составляет меньше 50% веса пробы; $d_{max} = 0,25$ мм.	—	0,25—0,45	0,5	Повышает v_1 на 10—15%	Понижает v_1 на 10—15%	То же
3	Мелкий чистый песок	Фракция $0,05 < d < 0,25$ мм составляет около 80% веса пробы; $d_{max} = 0,25$ мм, $d_{min} = 0,025$ мм	—	0,35—0,55	0,5	Повышает v_1 на 15—20%	—	То же
4	Средний чистый песок	Фракция $0,25 < d < 1,0$ мм составляет около 80% веса пробы; $d_{max} = 1,0$, $d_{min} = 0,05$ мм	—	0,45—0,65	$\frac{1}{3}$	Повышает v_1 на 20—25%	Мелкопесчаные наносы повышают v_1 на 5—10%	То же
5	Крупный чистый песок	Фракция $1,0 < d < 2,5$ мм составляет около 90% веса пробы; $d_{max} = 2,5$ мм, $d_{min} = 0,1$ мм	—	0,60—0,75	$\frac{1}{3}$	Повышает на 25—30%	Повышает на 25—30%	То же

№ по порядку	Номенклатура грунта русла канала	Гранулометрическая характеристика	Объемный вес в г, см ³	Размывающая скорость v_1 при $R=1$ м	Показатель степени m	Влияние коллоидальных наносов на v_1	Влияние наносов песчаных на v_1	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Мелкий песок с примесью глины или ила	Состав песчаного скелета аналогичен составу мелкого чистого песка; примеси не больше 10%	—	0,40—0,60	0,5	Повышает v_1 на 15—20%	—	Значение v_1 меняется в зависимости от количества примеси и от плотности сложения
7	Средний песок с примесью глины, ила или мелкого песка	Состав песчаного скелета аналогичен составу среднего чистого песка; примеси не больше 10%	—	0,50—0,70	$\frac{1}{8}$	Повышает на 10—20%	—	То же
8	Крупный песок с примесью глины, ила или мелкого песка	Состав песчаного скелета аналогичен составу крупного чистого песка. Примеси не больше 15%	—	0,65—0,8	$\frac{1}{3}$	То же	—	То же
9	Мелкий гравий чистый	$2,5 < d < 7,5$ мм	—	0,75—1,0	$\frac{1}{3}$	Повышает на 25—40%	Повышает на 10—15%	Угловатость частиц и плотность их сложения повышает v_1
10	Крупный гравий чистый	$7,5 < d < 15$ мм	—	1,0—1,2	$\frac{1}{4}$	Повышает на 10—20%	Повышает на 10—20%	То же
11	Мелкая галька чистая	$1,5 < d < 3,75$ см	—	1,2—1,6	$\frac{1}{4}$	Повышает на 5—15%	То же	То же
12	Крупная галька чистая	$3,75 < d < 7,5$ см	—]	1,6—2,2	$\frac{1}{4}$	То же	То же	То же
13	Мелкий булыжник	$7,5 < d < 12,5$ см	—	2,2—2,8	$\frac{1}{6}$	Повышает на 5—10%	То же	То же
14	Крупный булыжник	$12,5 < d < 25$ см	—	2,8—3,4	$\frac{1}{5}$	—	То же	То же

№ по порядку	Номенклатура грунта русла канала	Гранулометрическая характеристика	Объемный вес в г/см ³	Размывающая скорость v_1 при $R=1$ м	Показатель степени m	Влияние коллоидальных наносов на v_1	Влияние наносов песчаных на v_1	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Гравий с песком	Гравийный скелет $2,5 < d < 15$ мм; примесь песка 10—30%	—	0,90—1,5	1/3	Повышает на 5—10%	Повышает на 10—20%	Значение v_1 повышается вместе с количеством примеси и с плотностью
16	Галька с песком	Галечный скелет $1,5 < d < 7,5$ см; примесь песка 10—30%	—	1,3—2,3	1/3	То же	Повышает на 0—5%	То же
17	Крупные камни	$25 < d < 40$ см	—	3—5	1/8	—	—	Значение v_1 растет вместе с крупностью камней и плотностью их сложения.
18	Мягкие осадочные горные породы	Мергель, сланец, сланцевая глина, мягкий конгломерат.	—	2,5—3,5	1/6	—	Повышает на 10—15%	Значение v_1 тем выше, чем больше временное сопротивление породы на раздробление и чем глаже поверхность русла
19	Средние осадочные горные породы	Плотный конгломерат, слоистый известняк, доломитовый известняк, известковый песчаник	—	3,5—5,0	1/6	—	—	Понижает на 5—10%
20	Твердые горные породы	Осадочные—доломитовый песчаник, плотный известняк, кремнистый известняк и кристаллические породы	—	5—10 и выше	1/8	—	—	При растрескивании породы v_1 определяется как для камней соответствующего размера

№ по порядку	Номенклатура грунта русла канала	Гранулометрическая характеристика	Объемный вес в г, см ³	Размывающая скорость v , при $R=1$ м	Показатель степени m	Влияние коллоидальных наносов на v_1	Влияние наносов песчаных на v_1	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	Легкий суглинок	Фракция глины $d < 0,005$ мм составляет 12—18% веса пробы	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,4—0,6 0,6—0,8 0,8—0,9	$\frac{1}{3}$	Повышает на 10—15%	—	
22	Средний суглинок	Фракция глины составляет 18—25%	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,45—0,65 0,65—0,85 0,85—1,0	$\frac{1}{3}$	Повышает на 15—20%	—	
23	Тяжелый суглинок	Фракция глины составляет 25—33%	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,5—0,7 0,7—1,0 1,0—1,2	$\frac{1}{4}$	То же	—	
24	Песчанистая глина	Фракция глины составляет больше 33%, фракция песка — до 50%, фракция пыли — остальные проценты	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,55—0,75 0,75—1,05 1,05—1,2	$\frac{1}{4}$	Повышает на 20—25%	—	
25	Обыкновенная глина	Фракция глины составляет 33—50%, пыли — меньше, чем глины	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,45—0,65 0,65—0,95 0,95—1,1	$\frac{1}{4}$	То же	—	
26	Жирная глина	Фракция глины составляет больше 50% веса пробы	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,2—0,4 0,4—0,6 0,60—0,90	$\frac{1}{3}$	Повышает на 15—20%	—	
27	Лёсс	—	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,45—0,65 0,65—0,90 0,90—1,00	$\frac{1}{3}$	Повышает на 20—25%	—	
28	Одинокная мостовая	$15 < d < 25$ см	—	2,0—3,0	$\frac{1}{5}$	Повышает на 5—10%	Повышает на 0,5%	Значение v_1 как для естественных камней того же размера

№ по порядку	Номенклатура грунта русла канала	Гранулометрическая характеристика	Объемный вес в г/см ³	Размывающая скорость v_1 при $R=1$ м	Показатель степени m	Влияние коллоидальных наносов на v_1	Влияние наносов песчаных на v_1	Примечания
29	Двойная мостовая	$d < 25$ см $d > 25$ см	— —	2,5—3,0 3,0—4,5	$\frac{1}{6}$	Повышает на 5—10%	Повышает на 0,5%	
80	Бетонная одежда каналов	При временном сопрогивлении на раздробление 90 кг/см ² 110 кг/см ² 130 » 170 » 210 »	— — — — —	4,0—6,0 5,0—7,0 6,0—8,0 7,0—9,0 8,0—10,0	$\frac{1}{6}$	—	Понижает на 10—25%	Значения даны для толщины одежды 10 см. При меньшей толщине v_1 уменьшается на 10—50%. Для растрескавшейся одежды v_1 определяется как для камней соответствующего размера
31	Одерновка плашмя » в стенку	— —	0,7—0,9 1,5—1,6	— —	$\frac{1}{3}$ $\frac{1}{4}$	Повышает на 5—10%	— —	Предполагается прочный дерн и тщательная укладка
32	Хворостяное и плетневое покрытие.	—	1,5—2,0	—	$\frac{1}{6}$	То же	—	
33	Облицовка бутровая	—	—	3,0—4,0	$\frac{1}{6}$	—	Понижает на 10—25%	Значение v_1 зависит от прочности бута и качества работы
34	Облицовка кирпичная	Из пористого кирпича Из плотного кирпича Из клинкера	2,5—3,0 3,0—5,0 5,0—7,0	— — —	$\frac{1}{6}$	—	То же	Значение v_1 растет с временным сопротивлением кирпича на раздробление и толщиной облицовки
35	Досчатая одежда при движении воды вдоль волокон	—	7—15	—	$\frac{1}{6}$	—	Понижает на 15—30%	В зависимости от старости одежды и породы дерева

Примечание. Гравий, галька и камни в одетых каналах не допускаются.

Примечание 1. В таблице указаны значения средней скорости $v_{разм}$ для потока с гидравлическим радиусом $R=1$.

Примечание 2. Таблица применима к прямолинейным в плане и призматическим в поперечном сечении руслам.

Примечание 3. При определении $v_{разм}$ нужно обязательно вводить поправку за счет качества наносов.

4. Прежде чем пользоваться таблицей расчетных неразмывающих скоростей, необходимо установить механический состав и плотность грунта, слагающего канал, характер взвешенных наносов в канале, размер расчетного гидравлического радиуса R .

После этого критическую размывающую скорость $v_{разм}$ можно установить из формулы:

$$v_{разм} = \alpha v_1 R^m,$$

где $v_{разм}$ — критическая размывающая искомая скорость;

v_1 — критическая размывающая скорость, отвечающая $R=1$;

m — показатель степени, устанавливаемый из таблицы;

α — коэффициент, вводимый за счет качества наносов, берется по таблице (стр. 190—194) из граф № 7 и 8.

5. Расчетная средняя скорость при нормальном расчетном расходе и нормальном расчетном коэффициенте шероховатости должна быть меньше $v_{разм}$ не менее как на 5%, т. е.

$$v_{ср} \leq 0,95 v_{разм}.$$

Пример определения критической размывающей скорости по таблице А. А. Черкасова

Дано: грунт, слагающий русло расчетного канала, — средний суглинок;

расчетный гидравлический радиус канала $R=0,73$ м; объемный вес грунта — 1,3.

Определение $v_{разм}$

По пункту 22 таблицы находим, что $v_1 = 0,65$ м/сек.;

$$m = \frac{1}{3}; \quad \alpha = 1,20 \text{ (графа 7).}$$

$$v_{разм} = 1,20 \cdot 0,65 \cdot 0,73^{\frac{1}{3}} = 0,70 \text{ м/сек.}$$

§ 55. Условие максимальной пропускной способности каналов

Поперечное сечение канала, удовлетворяющее условию максимальной пропускной способности, определяется по формуле:

$$\frac{b}{h} = \alpha = 2(\sqrt{1 + \varphi^2} - \varphi),$$

где b — ширина канала по дну в метрах;

h — глубина воды в канале в метрах;

φ — коэффициент откоса канала.

φ	α	b	h
0	2,00	2,00	1
0,5	1,37	1,37	1
1	0,84	0,84	1
1,5	0,60	0,60	1
2	0,46	0,46	1

§ 56. Условие минимальной фильтрации

А. Н. Костяков дает следующую формулу для отношения $\frac{b}{h}$, при котором получается минимальная фильтрация воды из каналов:

$$\frac{b}{h} = \alpha = 2 \frac{(\gamma(\sqrt{1+\varphi^2} - \varphi))}{1-m},$$

где b — ширина канала по дну в метрах;
 h — глубина воды в канале в метрах;
 γ — поправочный коэффициент на капиллярное передвижение воды при фильтрации; γ — от 1,1 до 1,4;
 φ — коэффициент откоса канала;
 m — по А. Н. Костякову равен от 0 до 0,3.

Таблица значений $\alpha = \frac{b}{h}$ при различных условиях

Заложение откоса	$m = 0$		$m = 0,2$		$m = 0,3$	
	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,2$	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,2$	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,2$
1 : 1	0,84	1,40	1,05	1,75	1,26	2,0
1 : 1,5	0,60	1,32	0,75	1,65	0,90	1,9
1 : 2	0,46	1,34	0,58	1,67	0,70	1,9

§ 57. Отношение ширины оросительных каналов по дну к глубине наполнения их и нормальные размеры ширины оросительных каналов

Для экономически целесообразного и технически правильного проектирования оросительных каналов рациональное соотношение $\frac{b}{h}$ необходимо определять в каждом конкретном случае, с учетом всех факторов и условий, влияющих на это соотношение.

Ширину по дну для картовых оросителей рекомендуется принимать 0,30, 0,40, 0,50, 0,60, м.

Ширину по дну колхозных, внутриколхозных и групповых распределителей с расходом от 0,2 до 1,0 м³/сек. рекомендуется принимать 0,50, 0,70, 0,90, 1,00, 1,30, 1,50 м.

Ширину каналов с расходом $> 1,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$ рекомендуется принимать следующих нормальных размеров: 1,0, 1,20, 1,50, 1,80, 2,0, 2,20, 2,50, 2,80, 3,0, далее через 1 м.

Отношение $\frac{b}{h}$ для приближенных расчетов можно принимать в следующих размерах:

Каналы с расходом от 5 до 3 м ³ /сек.	$\frac{b}{h}$ от 6 до 2
» » » » 3 » 1 »	$\frac{b}{h}$ » 3 » 1
» » » меньше 1 »	$\frac{b}{h}$ » 2 » 1

При выборе размеров ширины оросительных каналов по дну и отношения ширины к глубине обязательно должны быть учтены машины, которыми будут строиться каналы, и габариты их работы.

Глубины каналов определяются гидравлическим расчетом, техническими условиями и нормами проектирования.

Для каналов с расходом не более 10 м³/сек. глубина воды обычно не превышает 3 м.

§ 58. Внутренние и внешние откосы неукрепленных оросительных каналов

При выборе и назначении откосов новых оросительных каналов в проектах должны быть учтены следующие условия: угол естественного откоса грунта; механический и химический состав, плотность, связность и структура грунта; степень насыщенности грунта подою; размеры и способ устройства каналов и степень уплотнения грунта; предохранительные мероприятия против деформаций откосов от внешних причин; состояние и форма откосов существующих каналов, работающих в аналогичных с проектируемыми условиях; условия работы каналов (периодичность или стабильность расходов и горизонтов, сезонность и пр.).

Углы внутренних и внешних откосов каналов должны проектироваться несколько положе углов естественных откосов тех грунтов, из которых или в которых устраивается канал.

При проектировании човых, а также при ремонте и очистке существующих оросительных каналов следует придерживаться крутизны откосов, установившихся на лучших участках каналов, работающих в однородных условиях грунта и эксплуатации.

При ориентировочном проектировании оросительных каналов с глубиной воды $< 2 \text{ м}$, при отсутствии опытных данных, могут быть приняты приведенные в таблице величины внутренних откосов (см. таблицу на стр. 198).

Для больших каналов с расходом более 5 м³/сек. правильность выбранных откосов должна быть обязательно подтверждена опытной проверкой (лабораторные и полевые исследования).

Наружные откосы в дамбах определяются в результате расчета и проверки дамб на устойчивость и фильтрацию.

Наружные откосы дамб должны быть положе естественных откосов соответствующих насыпных грунтов.

Откосы мелких каналов с расходом менее 0,5 м³/сек., т. е. картовых оросителей, групповых и внутриколхозных распределителей, определяются в зависимости от грунта, а также способов и механизмов, проектируемых для устройства этих каналов.

Таблица величин внутренних откосов каналов

Наименование грунтов	Заложение откосов для каналов с расходом в кубических метрах в секунду			
	5,0—3,0	3,0—1,0	1,0—0,5	< 0,5
Плотные супесчаные и легкие суглинки	$\frac{2}{1,50}$	$\frac{1,75}{1,5}$	$\frac{1,5}{1,25}$	$\frac{1,5}{1,25}$
Средние суглинки и средние лѣссы	$\frac{1,5}{1,25}$	$\frac{1,5}{1,25}$	$\frac{1,5}{1,0}$	$\frac{1,0-1,5}{1,0}$
Тяжелые суглинки и плотные лѣссы	$\frac{1,5}{1,0}$	$\frac{1,50}{1,0}$	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{1,0}{1,0}$
Глинистые грунты	$\frac{1,5}{1,0}$	$\frac{1,5}{1,0}$	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{1,0}{1,0}$
Мягкие скальные грунты	$\frac{0,25}{\text{верт.}}$	$\frac{0,25}{\text{верт.}}$	$\frac{0,25}{\text{верт.}}$	$\frac{0,25}{\text{верт.}}$

Примечание 1. В числителе указаны заложения внутренних откосов дамб; те же значения принимаются и для выемки в мокрой ее части. В знаменателе указаны заложения для выемки в сухой ее части.

Примечание 2. Для засоленных грунтов заложение откосов увеличивается на 0,25.

Примечание 3. При выклинивании на откосах выемок грунтовых вод величина заложения откосов должна быть увеличена.

Примечание 4. Заложение откосов в глубокой выемке, выше бермы в лѣссовых грунтах, при отсутствии грунтовых вод, может быть принято меньшим, если имеются подтверждающие это данные (наблюдения за существующими каналами или данные опытов). Заложение откосов в капиллярной зоне (на 0,2—0,5 м в зависимости от капиллярных свойств грунта) считать как под водой.

Если нет каких-либо особых соображений, для картовых оросителей обычно рекомендуется принимать: для связных плотных грунтов — одиночные, для рыхлых грунтов полуторные внутренние откосы.

Наружные откосы оросителей обычно рекомендуется принимать одиночные и полуторные.

Для внутриколхозных распределителей внутренние и наружные откосы обычно принимают одиночные и полуторные, в зависимости от грунта и от принятых для работ машин.

§ 59. Размеры дамб

В целях предохранения дамбы от разрушения необходимо выполнение следующих условий:

а) дамба должна быть выполнена из хороших материалов и согласно техническим условиям (удаление растительного слоя, рыхление основания, послойное уплотнение и т. п.);

б) размеры дамбы должны обеспечить полное отсутствие фильтрации в наружный откос дамбы.

Для оросительных каналов размеры дамб определяются размерами ширины дамб поверху и наружными откосами, которые устанавливаются в зависимости от грунта.

Размеры дамбы должны быть не меньше величины определенной по формуле:

$$L = C \cdot H \text{ м,}$$

где L — длина по основанию дамбы из точки пересечения горизонта воды с внутренним откосом до пересечения наружного откоса дамбы с поверхностью земли;

H — глубина воды в канале от горизонта максимального расхода до основания дамбы;

C — коэффициент.

Значения коэффициента C принимаются не ниже указанных в следующей таблице:

Таблица значений коэффициента C в формуле, определяющей размеры дамбы

Группы	Расходы воды в кубических метрах в секунду		
	от 5 до 2	от 2 до 0,5	< 0,5
Супесчаные	6,0—5,0	5,0—4,0	4,0—3,0
Суглинки средние	5,0—4,0	4,0—3,5	3,5—3,0
Лёсс средний			
Суглинки тяжелые	5,0—4,0	4,0—3,0	3,0—2,5
Лёсс плотный			
Глинистые			

Для больших каналов наружный и внутренний откосы дамб могут проектироваться ломаными.

Указанные в таблице значения коэффициента C не относятся к дамбам на косогорных участках при поперечных уклонах $>0,1$, где проектирование устойчивых дамб зависит от ряда местных условий и способа укрепления канала.

Если верх дамбы используется в качестве полевой или эксплуатационной дороги или для передвижения механизмов по очистке каналов, то ширина этой дамбы (обычно одной дамбы) определяется из условий проектирования дороги и габаритов очистных механизмов. В случае наличия бермы движение механизмов производится по берме.

Если по верху дамбы дорога не проектируется, а намечается только передвижение эксплуатационного персонала, то ширина дамбы поверху обычно не проектируется меньше размеров, указанных в следующей таблице:

Наименьшая ширина дамб при проектировании

Расход канала в кубических метрах в секунду	Ширина дамбы по верху в метрах	Ширина дамбы при условии прохождения механизмов для очистки каналов (в метрах)
10—5	2,00—1,50	4
5—1	1,50—1,20	3
1—0,5	1,20—0,80	2,5
Распределители групповые и внутриколхозные	1,00—0,50	—
Картовые оросители	0,40—0,30	—

Вышеуказанные размеры дамб считаются после осадки. Для грузов, значительно оседающих при замачивании, процент осадки должен быть установлен на основании материалов специальных исследований.

§ 60. Размеры берм в выемках

При глубоких выемках (более 5 м) в целях улучшения эксплуатации каналов устраиваются бермы выше максимального горизонта воды в канале.

Минимальная ширина берм в случае, если бермы не предназначены под дороги, для размеров их не определяются особыми условиями работы (передвижение механизмов для очистки), принимается следующая:

Минимальная ширина берм

Тип каналов	Ширина берм в метрах
Каналы и коллекторы с расходом 3—5 м ³ /сек.	1,50—2
Каналы и коллекторы с расходом 1—3 м ³ /сек.	1,00—1,25
Каналы и коллекторы с расходом 0,5—1 м ³ /сек.	0,75—1,00

В случае использования берм для передвижения механизмов по очистке каналов ширина бермы с одной стороны канала делается как указано ранее для дамб.

При условии устройства на берме эксплуатационной или грузовой дороги ширина бермы принимается по нормам для устройства соответствующих дорог.

Для каналов с расходом < 1 м³/сек. берма делается только с одной стороны.

В выемках глубже 5 м через каждые 5 м по вертикали устраиваются бермы. Размеры берм принимаются согласно таблице выше.

Указанные выше ширины берм даны с учетом запуска на нее крепления.

Поверхность берм должна иметь поперечный уклон; на границе с откосом делается кювет для отвода поступающей на берму воды через специальные лотки.

§ 61. Превышение гребня дамб и берм над горизонтом воды в канале

Превышение гребня дамбы и бермы над горизонтом воды в канале предусматривается на случай повышения коэффициента шероховатости против принятого расчетного, на случай волны, образуемой ветром, повышения горизонта воды на закруглениях, на неравномерность осадки дамб и на неравномерность оформления строительного профиля канала.

Для косогорных участков запас в высоте подгорной дамбы и бермы увеличивается на 20%.

На закруглениях каналов запас в высоте внешней дамбы и берм над максимальным горизонтом должен быть увеличен по расчету.

Запас в высоте дамб над максимальным горизонтом воды (в метрах)

Расход каналов и коллекторов в кубических метрах в секунду	Способ крепления откосов		
	Неукрепленные откосы	Крепление мостовой в плетнях, фашинами и пр.	Крепление бетонной одеждой или кладкой на растворе
5—3	0,40	0,35	0,30
3—1	0,40—0,3	0,30	0,25
Внутриколхозные и групповые распределители	0,20—25 в зависимости от расхода	0,20	0,20
Картовые оросители	0,15—0,10 в зависимости от грунта и способа устройства	0,10	0,10

В районе действия подпоров высота дамб и берм увеличивается против указанного выше запаса на величину подпора с уменьшением этого запаса в соответствии с изменением кривой подпора.

§ 62. Минимальный радиус закругления неукрепленных оросительных каналов

Наименьший радиус закругления ирригационных каналов определяется по формуле:

$$R = 11 \cdot v^2 \sqrt{F} + 12 \text{ м,}$$

где v — средняя по сечению канала скорость течения в метрах в секунду;
 F — площадь живого сечения.

Радиус закруглений не должен быть менее $5B$, где B — ширина зеркала.

ГЛАВА X ДОРОЖНАЯ СЕТЬ

§ 63. Дорожная сеть

1. Для обеспечения наиболее благоприятного сочетания в расположении ирригационной и дорожной сети следует проект расположения дорог производить одновременно с разбивкой проводящей ирригационной сети, проектом расположения усадебных земель, границ хозяйств и прочих элементов организации территории.

2. Дороги вдоль групповых и внутриколхозных распределителей или водосборов именуется полевыми дорогами.

Дороги, расположенные в хозяйстве вдоль крупной распределительной или водосборной сети и соединяющие усадьбу с полевыми дорогами, именуется внутрихозяйственными дорогами.

Дороги, соединяющие поселки колхозов, главную усадьбу совхоза и отдельные усадебные пункты совхоза с погрузочными пунктами — ж.-д. станциями и пристанями, именуется или подъездными путями, или межхозяйственными дорогами.

Дороги, проходящие внутри поливных карт, называются **внутрикартовыми полевыми дорогами**; они большею частью бывают временного характера.

Дороги, служащие для осмотра и ремонта ирригационной сети и сооружений, именуются **эксплуатационными дорогами**.

Дороги межрайонного, республиканского или другого специального назначения, пересекающие орошаемую территорию, именуются **транзитными** или другими присвоенными им наименованиями.

3. Полевые дороги при одностороннем командовании внутриколхозных или групповых распределителей следует располагать между распределителем и групповым водосбором, который в этом случае является кюветом дороги. В тех случаях, когда водосбор используется как резерв для дамб распределителя, дорога располагается между концами картовых оросителей и групповым или внутриколхозным водосбором.

Полевые дороги при двустороннем командовании внутриколхозных и групповых распределителей следует располагать вдоль группового водосбора по одной его стороне с соответствующими переездами через групповой водосбор.

Внутрихозяйственная дорога в этом случае располагается между концами внутриколхозных и групповых распределителей и водосбором, в случае же использования под внутрихозяйственную дорогу дамб распределителя последняя располагается между распределителем и водосбором.

Групповые водосборы следует совмещать с кюветами полевых дорог.

4. Эксплуатационные дороги при одностороннем командовании распределителей обычно не требуются, так как доступ к сооружениям и каналам можно обеспечить с полевых дорог.

Эксплуатационные дороги требуются при двустороннем командовании распределителей.

5. Основным критерием для установления технического типа дороги является величина ее грузонапряженности.

При исчислении величины грузонапряженности полевых дорог следует исходить из размеров урожая, количества рейсов тракторов и автомобилей по данным проектов освоения орошаемой территории.

Для грубо ориентировочных подсчетов грузонапряженности полевой дороги в хлопковых хозяйствах на 1 га можно принимать нагрузку:

45	брутто-тонн	в год	при	урожае	хлопка	до 30 ц	на 1 га
50	»	»	»	»	»	»	40 » » 1 »
60	»	»	»	»	»	»	50 » » 1 »

При исчислении грузонапряженности внутрихозяйственных и подъездных дорог следует, помимо перевозок, приведенных выше, учесть перевозку (в размере 1 т на гектар) продовольствия, фуража, зерна, топлива, промтоваров и т. п.

Исчисление грузонапряженности внутрихозяйственных дорог производится по отдельным участкам в соответствии с размерами грузопотока, поступающего с полевых дорог.

6. Ширина земляного полотна полевой дороги принимается, из расчета двухпутного встречного движения, в 7,5 м.

При обслуживании полевой дорогой небольшой площади (до 100 га) ширина земляного полотна дороги может быть уменьшена.

Полевые дороги представляют собой грунтовую профилированную без добавок дорогу.

7. Ширина земляного полотна внутрихозяйственной дороги принимается в 10,5 м при ширине проезжей части в 5,5 м.

8. Кюветы устраиваются трапециoidalного или треугольного профиля.

От наружной бровки кюветов до валиков или края карты оставляются площадки шириной в 0,50 м.

9. Эксплуатационные дороги устраиваются шириной в 3,5 м без кюветов.

Для эксплуатационных дорог вдоль крупной распределительной и магистральной ирригационной сети возможно использование дамбы (поверху).

Таблица ориентировочной протяженности дорог на 100 га площади

Наименование дороги	Обслуживание	
	Одностороннее	Двустороннее
Полевая	0,1	0,5
Внутрихозяйственная	0,2—1,00	0,1—0,5

10. Строительство дорожной сети должно производиться одновременно с ирригационной сетью.

Дороги, обслуживающие строительство ирригационной сети и освоение орошаемой территории, должны совпадать с постоянными дорогами хозяйственного назначения (полевыми, внутрихозяйственными и т. п.).

Подробные указания о расположении, габаритах и конструкции дорог необходимо брать в соответствующих постановлениях и инструкциях по проектированию и эксплуатации дорог.

ГЛАВА XI ДОЖДЕВАНИЕ

§ 64. Общие сведения

Дождевание — новый метод орошения с.-х. культур, получивший за последнее время значительное развитие в ряде стран.

При дождевании вода под давлением подается в трубопровод и с помощью специальных устройств разбрызгивается, падая на растения и почву каплями.

В СССР дождевание получает широкое применение при орошении овощных и технических культур. Большое применение дождевание найдет в ирригации Заволжья.

Дождевание существенно отличается от обычных способов полива своим воздействием на почву, растения и климат приземного слоя воздуха: а) при достаточно мелких каплях обеспечивается промачивание почвы без существенных разрушений почвенной структуры; б) с совершенствованием техники дождевания повышается равномерность распределения дождя; таким образом, и в этой части дождевание приобретает преимущества перед обычными способами полива; в) дождевание в значительной мере механизмирует процессы полива; г) в самое последнее время советская техника дождевания продвинулась настолько, что позволяет, применяя мостовые способы дождевания, совершенно избавиться от ручной переноски труб и аппаратуры.

Основными преимуществами дождевания перед обычными способами орошения являются следующие.

1. Мельчайшая (впутрикартовая) оросительная сеть при дождевании делается ненужной, причем картовые оросители освобождаются от обязательного при самотечных поливах командования. Все это ведет также к значительному сокращению потерь оросительной воды на фильтрацию. При стационарных и полустационарных системах дождевания вся обычная сеть каналов заменяется системой трубопроводов.

2. Планировка микрорельефа, обязательная для надлежащего осуществления поверхностных поливов, при дождевании делается ненужной.

3. Благодаря возможности поливов малыми поливными нормами при дождевании достигается более совершенный поливной режим культур. Подкормки растений при дождевании возможно осуществлять, внося минеральные удобрения с водой, что повышает степень использования этих удобрений и механизмирует их внесение.

4. Освежительные поливы дождеванием, применяемые в жаркую часть дня, создают повышение влажности воздуха и понижение его температуры.

Температура листьев при освежительных поливах снижается в середине дня на несколько градусов. Это положительно влияет на физиологические процессы растений и может быть использовано как совершенно новый прием для повышения урожайности.

Необходимо отметить следующие отрицательные стороны дождевания, устранить которые еще не удается.

1. Неблагоприятное влияние ветра на распределение дождя. Это замечание в особенности относится к дальноструйным системам дождевания.

2. Значительные затраты труда на переноску труб у переносных систем.

3. Значительные затраты механической энергии, а также значительные затраты металла.

§ 65. Классификация дождевальных устройств и систем

Классификацию дождевальных систем принято основывать или на способах перемещения и расположения дождевальных устройств по орошаемой территории, или по высоте применяемого гидравлического напора и дальности полета водяной струи и капель.

Основываясь на первом признаке, принято существующие дождевальные устройства разделять на следующие группы:

1) передвижные (переносные и перевозные); 2) стационарные и полустационарные; 3) мостовые.

1. Передвижные дождевальные установки (переносные и перевозные)

Эти установки имеют передвижными как насосную станцию с двигателем, так и трубопровод с аппаратурой, разбрызгивающей воду. Для работы такая дождевальная установка монтируется на поливаемой части орошаемого поля и по мере производства полива передвигается на новую позицию, забирая воду с помощью насоса из открытой оросительной сети или водоемов. Перевозка насосной станции выполняется обычно с помощью трактора, на котором монтируется насосная станция, а если двигатель насосной станции не самоходный, например, электромотор, то с помощью лошадей. Перемещение трубопровода и аппаратов выполняется или путем последовательной ручной переноски отдельных труб, или посредством перекачивания секций трубопровода, смонтированных на специальных тележках в виде легких ферм той или иной длины. В це-

лях облегчения перемещения все основное оборудование устраивается возможно легким и быстро соединяемым и разъединяемым.

Недостатком передвижных систем является необходимость значительных затрат труда и времени на их перемещение, а также затаптывание растений и почвы при движении по полю, а преимуществом — меньшее количество потребных капитальных затрат оборудования и материалов на единицу площади по сравнению со стационарными системами.

2. Стационарные и полустационарные дождевальные оросительные системы

У стационарных дождевальных оросительных систем насосная станция с двигателем, трубопровод с арматурой и разбрызгивающая аппаратура устанавливаются стационарно. Трубопроводы укладываются под землей или на ее поверхности. Иногда практикуется укладка труб над землей на подставках. Стационарное устройство дождевальных систем требует значительных капитальных затрат, превосходящих в несколько раз затраты на передвижные системы, но в эксплуатации первые более выгодны благодаря постоянной готовности к действию и малым затратам труда. Сроки амортизации стационарных систем гораздо продолжительнее, чем передвижных.

Полустационарные дождевальные системы занимают промежуточное положение между передвижными и стационарными. У систем этого типа насосная станция и основные магистрали трубопровода устраиваются стационарными, а мелкие ответвления трубопровода и разбрызгивающая аппаратура — переносными, что значительно сокращает общую протяженность потребных трубопроводов и аппаратуры, но не освобождает от работы по перемещению аппаратуры. В этом отношении полустационарные установки близки к передвижным. Капитальные затраты при устройстве полустационарных систем значительно ниже, чем при стационарных. Полустационарные дождевальные системы могут быть как дальноструйными, так и короткоструйными.

3. Мостовые дождевальные агрегаты

Мостовые агрегаты в своем составе имеют насосную станцию, трубопроводы и разбрызгивающую аппаратуру, но все эти элементы агрегата монтируются на мощном тракторе или специальных тележках так, чтобы весь агрегат вместе с трубами и разбрызгивающей аппаратурой мог передвигаться вдоль картофельного оросителя. Мостовые агрегаты работают или позиционно, или в движении.

4. Деление дождевальных систем по напору и дальности полета струи воды

Основываясь на втором принципе классификации, по признаку дальности полета струи и величины применяемого гидравлического напора, дождевальные системы принято делить на:

1) дальноструйные или высоконапорные, работающие при гидравлическом напоре от 2,5 до 10—12 атм. и выше;

2) короткоструйные или низконапорные, работающие при напоре от 1 до 2,5 атм.

3) Мостовые агрегаты действуют как на принципе дальноструйном (мостовой позиционный агрегат Юж. НИИГиМ), так и на принципе короткоструйном (двухконсольный агрегат ВНИИГиМ системы инж. М. С. Яншина). Этот агрегат осуществляет полив в движении вдоль поливной карты.

§ 66. Главнейшие понятия и терминология, употребляемые в дождевании

Дождевальная установка. Это название закрепилось за переносными дождевальными устройствами, состоящими из двигателя с насосом, трубопровода и разбрызгивающего аппарата.

Стационарные и полустационарные дождевальные установки правильнее называть дождевальными оросительными системами.

Дождевальная агрегат — сложная дождевальная машина, состоящая из трактора с насосной станцией, фермы, поддерживающей трубопровод, и аппаратуры, разбрызгивающей воду. Все эти элементы сопряжены в одну общую систему — агрегат.

Дождевательный аппарат — часть дальнотруйной дождевальной установки. Дождевательный аппарат служит для разбрызгивания воды и имеет механизм для автоматического вращения. По принципу устройства механизма вращения, дождевательные аппараты делятся на турбинные, реактивные, коромысловые и т. д.

Дождевальная насадка — приспособление для выбрасывания и разбрызгивания воды у короткоструйных низконапорных систем. По своей конструкции насадки обычно проще дождевательных аппаратов. Разбрызгивание струи осуществляется с помощью deflectоров различных устройств или за счет центробежной силы, возникающей при кручении струи. Простейший способ разбрызгивания — использование удара струи о воздух при вылете струи из насадки. Имеется значительное количество различных систем насадок. Принципы их устройств имеют много общего с устройством форсунок.

Напор гидравлический — давление воды, создаваемое в дождевальной установке с помощью водяного насоса. Различают напор у насоса, напор в той или иной точке трубопровода, напор у аппарата и т. д. Принято называть напор у насоса общим, у дождевательного аппарата или дождевательной насадки — рабочим напором. Величину напора выражают в атмосферах или метрах водяного столба и практически определяют с помощью манометра. При определении работы насоса необходимо, помимо общего манометрического напора, учитывать также высоту всасывания; последняя определяется с помощью вакуумметра.

Потери напора — наблюдаются во всех частях установки или агрегата от насоса до выхода воды из аппарата или насадки. Потери напора рассчитываются по общепринятым формулам Дарси, Маннинга и др.

Формула для расчета потерь напора (h) в трубопроводах:

$$h = \lambda \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{l}{d},$$

где v — скорость движения воды в трубе в метрах в секунду;

d — диаметр трубы;

l — длина трубопровода;

λ — коэффициент потерь.

По Дарси $\lambda = \frac{1}{50} \left(1 + \frac{1}{40d} \right)$.

Формула Маннинга:

$$h = \frac{6,49 l Q^2 n^2}{d^5 \sqrt{R}};$$

Здесь: n — коэффициент шероховатости, равный для металлических труб в среднем 0,012;
 l — длина трубопровода в метрах;
 Q — расход в кубических метрах в секунду;
 R — гидравлический радиус, $R = \frac{d}{4}$;
 d — внутренний диаметр трубы в метрах.

Для асбоцементных труб расчеты потерь напора следует вести по формуле Шимеми:

$$v = 57,7d^{0,68} J^{0,56},$$

где d — внутренний диаметр трубы в метрах;
 v — скорость в метрах в секунду;

J — гидравлический уклон, равный $\frac{h}{l}$.

Определив скорость для взятого диаметра, логарифмированием находим гидравлический уклон, а тем самым определяем потери.

Расчет сети асбоцементного трубопровода можно вести также по формуле Базена:

$$J = 1,621 \left(\frac{0,64 + 2\sqrt{d}}{87\sqrt{d}} \right)^2 \frac{Q^2}{d^5}.$$

Расход воды. Учитывается: а) общий расход установки или агрегата, отвечающий в большинстве случаев производительности насоса, и б) расход отдельных аппаратов или насадок. Расход выражают в литрах в секунду. Производительность насоса установки, агрегата выражают в кубических метрах в час. Расход воды определяется с помощью водомера.

Радиус захвата. Вода, выбрасываемая из аппарата или насадки, распределяется по всему кругу одновременно или по сектору круга при постоянном перемещении этого сектора по кругу. Радиус смоченного круга и будет являться величиной, характеризующей полную дальность полета струи. Отличают максимальный радиус захвата — брутто и рабочий радиус — нетто, последний меньше первого вследствие необходимости взаимного перекрытия соседних кругов. Дальность полета струи и отдельных капель зависит от величины напора, при котором работает аппарат или насадка, и диаметра выходного отверстия. Отношение дальности полета к рабочему напору $\frac{R}{H}$ (выраженным в метрах) называют коэффициентом дальности полета струи. Для дальноструйных аппаратов величина отношения $\frac{R}{H}$ колеблется около единицы. Коэффициент дальности уменьшается по мере возрастания напора. Для вычисления R дальноструйных аппаратов, в зависимости от напора и диаметра насадки, предложены эмпирические формулы:

Формула Цункера:

$$R = 1,55 H \left(1 - \frac{0,95 H}{4,9 + H} \right) \cdot \sqrt{1000 d}.$$

Формула Пикалова:

$$R = 0,42 H + 1000 d.$$

В обоих случаях d — диаметр выходного отверстия насадки.

Площадь захвата. У аппарата или насадки площадь захвата-брутто равна площади смоченного круга, площадь захвата-нетто меньше этой величины на половину площади взаимного перекрытия с соседними кругами.

Дождевальные аппараты или насадки могут быть расположены: 1) по прямоугольнику, 2) по треугольнику (см. рис. 103). Расположение по прямоугольнику характеризует схему с размещением аппаратов или насадок по углам прямоугольника. Частным случаем расположения по прямоугольнику является расположение по квадрату. Расположение по треугольнику характеризует схему с шахматным размещением насадок или аппаратов. Частным случаем размещения по треугольнику является

Разреженное расположение Сближенное расположение

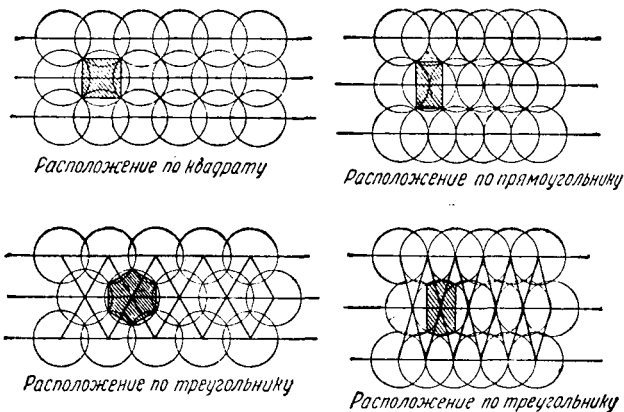


Рис. 103. Различные типы расположения насадок и аппаратов,

размещение по равнобедренному треугольнику. Размещение по треугольнику имеет ряд преимуществ, так как повышает площадь захвата-нетто насадки или аппарата и увеличивает равномерность распределения дождя. Площадь захвата-нетто будет равна:

а) при расположении по прямоугольнику — $2 R^2$ и меньше, т. е. равна площади вписанного в круг квадрата или другого прямоугольника;

б) при расположении по треугольнику — $2,6 R^2$ и меньше, т. е. равна площади вписанного в круг правильного или симметричного шестиугольника.

Площадь захвата установки или агрегата равна сумме площадей-нетто всех одновременно действующих аппаратов или насадок.

Интенсивность или плотность дождя. Интенсивностью или плотностью дождя называется количество воды, вылитой при дождевании в единицу времени. Интенсивность дождя принято выражать толщиной слоя воды в миллиметрах, выпавшего в 1 минуту. Различают действительную и среднюю интенсивность дождя.

Действительной интенсивностью дождя называют интенсивность в данной точке в момент непосредственного выпадения дождя.

Средней интенсивностью дождя называют интенсивность за весь период полива для данной точки или для всей площади орошаемой аппаратом, насадкой, всей установкой или всем агрегатом.

Средняя интенсивность для данной площади определяется путем деления поливной нормы, выраженной толщиной слоя дождя в миллиметрах, на продолжительность дождевания на данной площади в минутах.

Действительная интенсивность определяется путем деления количества выпавшего в данной точке дождя, выраженного толщиной слоя в миллиметрах, на время фактической продолжительности дождевания над данной точкой.

Действительная и средняя интенсивность дождя для каждой данной точки равны в том случае, если дождь дается непрерывно, как, например, при дождевании из короткоструйных насадок. Дальноструйные аппараты и движущиеся мостовые агрегаты орошают в каждый отдельный момент только незначительную часть площади захвата; поэтому действительная интенсивность у конструкций этого типа значительно выше, чем у короткоструйных установок позиционного типа.

Дальноструйные аппараты имеют среднюю интенсивность обычно около 0,20 мм в минуту, а действительная интенсивность в некоторых частях радиуса достигает 10—12 мм в минуту.

Излишне высокая действительная интенсивность дождя может вызывать разрушение ночевных агрегатов, что влечет за собою уменьшение водонепроницаемости почвы, образование поверхностного стока и последующее образование корки.

Средняя интенсивность дождя должна соответствовать водопроницаемости данной почвы. В противном случае при дождевании будут образовываться лужи и начнется поверхностный сток воды. Практически для легких почв средняя интенсивность не должна быть выше 1 мм в минуту, а для тяжелых почв — не более 0,15—0,20 мм в минуту.

Равномерность распределения дождя. Различные дождевательные устройства обеспечивают весьма различную степень равномерности распределения дождя. Степень равномерности распределения дождя является показателем качества полива. Одним из простейших способов характеристики неравномерности распределения дождя при дождевании является отыскание отношения площадей с различным количеством осадков к всей площади захвата. Однако оценка степени равномерности описанным выше способом страдает малой точностью.

В целях обеспечения большей точности и объективности показателя, характеризующего равномерность дождевания, целесообразно использовать методы математической статистики, давая оценку равномерности по коэффициенту вариации.

Показатели замеров слоя дождя в различных точках данной площади дают статистический ряд, степень рассеивания которого характеризуется коэффициентом вариации. Чем ближе к нулю коэффициент вариации, тем равномернее распределение дождя. Коэффициент вариации

$$C_v = \frac{\sigma h}{n},$$

где h — среднее арифметическое ряда (среднее арифметическое из показаний дождемеров);

σh — среднее квадратичное ряда или стандарт ряда;

$$\sigma h = \sqrt{\frac{\sum \Delta h^2}{n}},$$

n — количество точек ряда;

Δh — отклонение от среднего арифметического.

Качество дождя характеризуется величиной капель дождя.

Понятие это еще не получило своего конкретного выражения в отношении каждой конструкции благодаря трудности методики измерения величины капель. Капли воды при дождевании получаются самых разнообразных величин — от водяной пыли до предельно больших капель диаметром в 5—7 мм. Крупные капли дождя действуют разрушающе на почвенную структуру, уплотняя почву, что приводит к снижению водопроницаемости почвы в процессе полива и последующему образованию корки. Это явление имеет место в особенности при работе дальнотруйных аппаратов. Наблюдениями установлено, что оптимальными при дождевании являются капли с диаметром около 1—2 мм. При короткоструйном принципе дождевания достигнуть оптимального размера капель легче, чем при дальнотруйном. Качество дождя характеризуется, наряду с величиной капель, также его действительной и средней интенсивностью. Интенсивность дождя всегда должна быть увязана с водопроницаемостью почвы; если интенсивность дождя больше интенсивности впитывания воды почвой, то при дождевании будут образовываться лужи и появится поверхностный сток воды. В оценке дождевального аппарата или насадки характеристика качества дождя играет решающее значение.

Коэффициент использования времени. Как правило, дождевальные установки и агрегаты не работают непрерывно на протяжении суток. Часть времени затрачивается на передвижение, маневрирование, перестановку аппаратов, осмотр и профилактику двигателя и т. д. У наиболее распространенных установок коэффициент использования времени суток выражается величиной около 0,75 и выше.

Коэффициент использования площади. Коэффициент использования площади при дождевании вычисляется с учетом площади, оставшейся без культуры и затрачиваемой на дороги, дорожки и полосы, по которым передвигается агрегат или переносят трубы и аппараты.

Производительность установки или агрегата. Различают часовую, суточную и сезонную производительность. Производительность выражают в гектарах. Часовая производительность получается путем деления фактической часовой производительности насады (в кубических метрах), обслуживающего установку или агрегат, на поливную норму. Суточная производительность есть производное часовой производительности на число часов в сутках и на коэффициент использования времени, принятый для данной установки или агрегата. Сезонная производительность рассчитывается по среднему поливному периоду, принятому для данной культуры или севооборота. При введении освежительных поливов необходимо в определении сезонной производительности учесть время, затрачиваемое на их выполнение.

Энергия, затрачиваемая при дождевании на подачу воды и создание рабочего напора, выражается в HP часах или киловаттчасах. Различают затраты энергии на 1 м³ воды, на 1 полив 1 га и на орошение 1 га за сезон.

§ 67. Короткоструйная дождевальная установка КДУ

[Модель 1938 г. системы Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ)]

Установка КДУ предназначена для орошения овощных культур, картофеля и технических культур, а также питомников и ягодников.

Эта установка нашла широкое применение, начиная с 1939 г. В овощных хозяйствах Московской области в 1939 г. работало около 300 установок этой системы.

Дождевальная установка КДУ является короткоструйной или низконапорной дождевальной установкой переносного типа.

По сравнению с дальнотруйными установками у КДУ затраты механической энергии в 2—3 раза ниже.

Установка КДУ может быть использована как для работы от передвижной насосной станции, так и от стационарной станции при стационарном напорном трубопроводе. В первом случае установка КДУ состоит из следующих главнейших частей (рис. 105):

а) передвижной насосно-силовой станции (насосно-силового агрегата);

б) переносного легкого трубопровода общей длиной 239 м, состоящего из холостой части и двух дождевальных крыльев;

в) 34 дождевальных насадок дефлекторного типа.

Во втором случае (при полустационарной системе) вместо передвижной устраивается стационарная насосная станция и по орошаемой территории укладывается стационарный напорный трубопровод с гидрантами, к которым присоединяется переносный трубопровод КДУ (рис. 104).

Насосно-силовая станция КДУ. В качестве передвижной насосно-силовой станции для установки КДУ можно применять широко известный в орошаемых районах насосно-силовой агрегат НН15, выпускаемый заводом «Коммунист»

Имеющийся в агрегате насос обеспечивает напор до 20 м при расходе до 18 л в секунду.

Нефтедвигатель и центробежный насос агрегата смонтированы на тележке. Вес агрегата — 1 200 кг.

Насос — одноколесный, напорный штуцер имеет диаметр 125 мм.

Нефтедвигатель — вертикальный одноцилиндровый, мощность 15 НР. Вал двигателя делает 650 оборотов в минуту. Вал двигателя и вал насоса соединены через редуктор, имеющий одну пару шестерен.

Насос снабжен всасывающим спиральным плангом, длиной 4—5 м, при диаметре 150 мм, с клапаном на конце приема. К нагнетательному патрубку насоса через фланцевое соединение крепится задвижка «Лудло» и изогнутая труба, позволяющая присоединять к ней переносный трубопровод.

Нефтедвигатель работает на мазуте или моторной нефти, расходуя на каждую лошадиную силу около 250 г в 1 час.

Агрегат снабжен коротким дышлом и перевозится парой лошадей или трактором.

При работе КДУ от стационарного водоподводящего трубопровода напор насоса должен быть рассчитан на преодоление геометрической высоты и потерь в трубопроводе. В соответствии с насосом подбирается и двигатель.

Целесообразно вместо нефтедвигателя, где это возможно, применять электромотор соответствующей мощности. Там, где по схеме работы насосная станция должна быть передвижной, электромотор и насос необходимо смонтировать на тележке, а линию электропроводов провести вдоль источника орошения или каналов так, чтобы она проходила у каждой стоянки насосной станции.

Необходимо также предусмотреть удобства присоединения насосной станции к электросети на каждой стоянке.

Стационарная насосная станция монтируется в целях удешевления строительства в легком летнем помещении.

Переносный трубопровод. Переносный трубопровод состоит из двух дождевальных крыльев длиной по 97 м каждое и холостой части трубопровода длиной 45 м.

Переносный трубопровод монтируется из специально изготовляемых стальных сварных легких труб, имеющих внутренний диаметр 88 мм.



Рис. 104. Схема расположения дождевальных устройств на овощном участке (1 — насосно-силовая станция; 2 — асбоцементный трубопровод; 3 — гидранты; 4 — действующее крыло; 5 — подготовленное крыло; 6 — подводный трубопровод)

Толщина стенки трубы равна 1 мм, так что собранная труба, длиной 6 м, с ножкой и посадкой весит всего лишь 18 кг.

Трубы переносного трубопровода соединяются с помощью специального быстросъемного соединения РК (раструб — кольцо), обеспе-

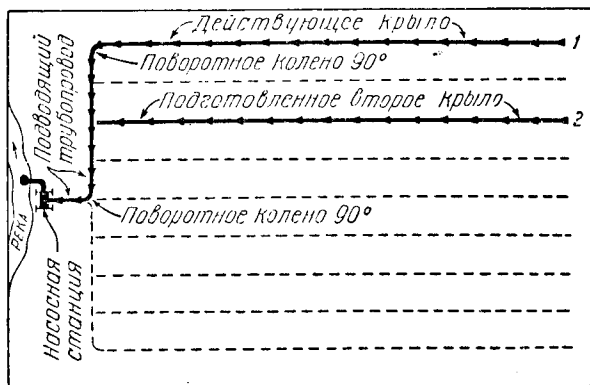


Рис. 105. Схема дождевальной установки с передвижной насосной станцией (пунктиром показаны места расстановки крыльев).

чивающего достаточную плотность соединения и гибкость трубопровода (рис. 106). Операция соединения и разъединения занимает несколько секунд и производится одним человеком.

Соединение РК работает при напоре 18 м, но свободно выдерживает напор в 50 м и более.

Каждая труба снабжена металлической ножкой высотой 50 см, крепящейся к трубе с помощью разъемного хомута (см. рис. 107).

Подводящий трубопровод состоит из 9 труб длиной по 5 м и двух колен с углом 90° .

Дождевальное крыло. Два дождевальных крыла, одинакового устройства, состоит каждое из 16 труб длиной по 6 м и отрезка длиной 1 м с заглушенным концом. Общая длина дождевального крыла — 97 м.

Дождевальная насадка. Дождевальная насадка установки КДУ действует на принципе дефлекторного разбрызгивания воды (рис. 108). Струя воды выходит через конусное отверстие насадки и разбрызгивается о конусный дефлектор, укрепленный над отверстием насадки на трех ножках. Полный радиус захвата насадки — около 6 м при рабочем напоре, равном 10 м. Отверстия всех насадок одинаковы, их диаметр равен 10 мм. Напор, необходимый для нормальной работы всего крыла в целом, учитывая потери напора в крыле, должен быть в начале переносного трубопровода не менее 17 м. Площадь захвата каждой насадки: брутто — около 113 м^2 и нетто — около 60 м^2 .

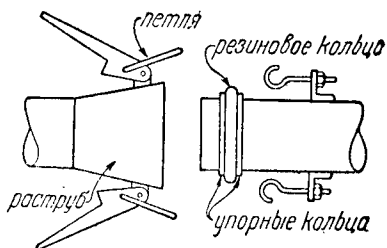


Рис. 106. Гибкое соединение РК (раструб — кольцо).

Каждая труба дождевального крыла снабжена насадкой, укрепленной на трубчатой стойке. Взаимное действие насадок на крыле показано на схеме (см. рис. 109). Средняя интенсивность дождя — около 0,9 мм в минуту.

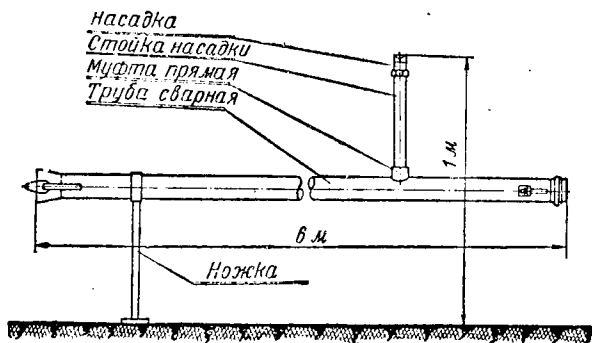


Рис. 107. Труба (звено) переносного дождевального крыла с ножкой и насадкой.

Схема работы КДУ. Дождевальная установка КДУ может работать по двум схемам.

По первой схеме КДУ используется полностью как передвижная установка. Такое использование КДУ возможно при наличии на орошаемой территории сети оросительных каналов или открытого водоема — реки, пруда и т. д. Дождевальные крылья перемещаются поочередно и занимают последовательно девять позиций; таким образом, с

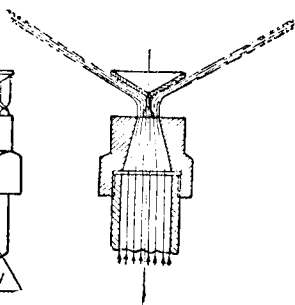
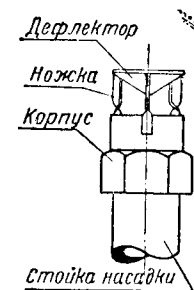


Рис. 108. Дефлекторная насадка КДУ. Слева — общий вид; справа — разрез и схема разбрызгивания воды дефлектором.

одной стойки насосно-силового агрегата орошается площадь около 1 га (см. рис. 110). Возможно орошение площади по обе стороны канала или реки.

По второй схеме работы КДУ насосная станция устанавливается стационарно и от нее по орошаемому участку располагается стационарный асбоцементный трубопровод с гидрантами, подводящий воду от насоса к дождевальным крыльям; дождевальные же крылья, как и в первой схеме, являются переносными. Расстояние между гидрантами — 100 м.

Для обслуживания КДУ требуется в смену 3 человека, из них один обслуживает насосно-силовую станцию и двое переносят дождевальные крылья и переключают (прикрывают и открывают) воду.

Основные показатели КДУ. 1. Расход воды: 16 л/сек., рабочий напор — 10 м, напор в начале переносного трубопровода — 17 м, интенсивность дождя — 0,9 мм в минуту;

2. Коэффициент использования времени суток при работе в три смены — от 0,75 до 0,80.

3. Суточная производительность $= 16 \cdot 3 \cdot 600 \cdot 24 \cdot 0,75 = 1036,8 \text{ м}^3$. При поливной норме 300 м^3 на 1 га, это обеспечит полив около 3,4 га в сутки.

4. Обслуживается в смену мотористом и двумя рабочими поливальщиками.

5. Установка при орошении овощных культур обслуживает за сезон от 20 до 30 га.

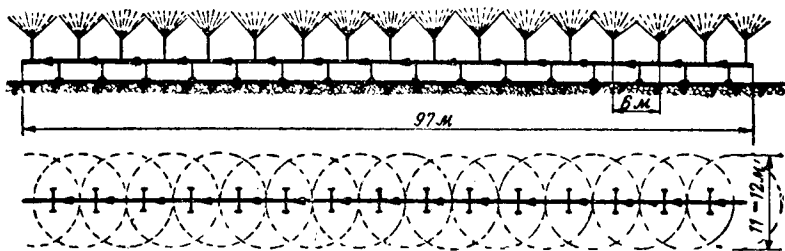


Рис. 109. Схема действующего дождевого крыла (вид сбоку и в плане).

Капитальные и эксплуатационные затраты, связанные с применением КДУ. В случаях, когда КДУ применяется как полностью передвижная насосная установка, капитальные затраты складываются из стоимости насосно-силового агре-

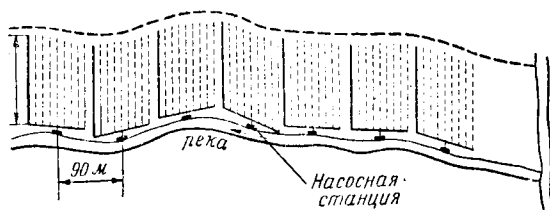


Рис. 110. Схема работы дождевальной установки КДУ при орошении прибрежного участка с помощью перевозной насосной станции.

гата (около 4 000 рублей) и дождевальной установки. Стоимость последней при немассовом полукустарном изготовлении, как показала практика 1939 г., выражается суммой 6 000 рублей*. В массовом изготовлении такая установка будет стоить 2 000—3 000 рублей. Следовательно, при сезонной производительности в 20—25 га затраты выразятся в сумме от 220 до 500 рублей на 1 га.

В случаях применения КДУ со стационарной станцией и стационарным трубопроводом стоимость эта возрастает в 3—4 раза.

Так, по данным колхозов и совхозов Московской области, строивших такие системы в 1939 г., стоимость всех затрат колебалась от 1 300 до 1 900 рублей на 1 га.

* Все приведенные цифры стоимости являются ориентировочными; стоимость при проектировании должна определяться на основании существующих расценок.

Эксплуатационные затраты при работе КДУ складываются из стоимости работы двигателя, оплаты рабочей силы и амортизации. В зависимости от вида двигателя стоимость одного часа работы установки колеблется от 4 до 15 рублей. В случае, когда двигателем является трактор, стоимость эксплуатации особенно высока: стоимость полива 1 га при поливной норме 300 м³ обходится от 60 до 85 рублей, а орошение одного гектара овощных культур при 5 поливах за сезон обходится от 300 до 425 рублей.

Сроки амортизации для трубопровода условно приняты в 20 лет, для двигателя и насоса — 10 лет, для самой дождевальной установки — 5 лет.

Список частей и оборудования КДУ

I. Подводящий переносный трубопровод

1. Сварные легкие трубы с внутренним диаметром 88 мм длиной по 5 м (9 шт.) 45 м
2. Ножки к трубам (на одной из труб должно быть 2 ножки) 10 шт.
3. Колено 90° 2 »

II. Дождевальные крылья (2 комплекта)

Одно дождевальное крыло состоит из следующих деталей:

1. Сварные легкие трубы с наружным диаметром 90 мм длиной по 6 м (16 шт.) 96 м
2. Концевая короткая труба с заглушенным концом длиной 1 м 1 шт.
3. Стойки насадок (отрезки газовой трубы диаметром 25 мм с резьбой на концах) 17 »
4. Ножек (на первой трубе должно быть две ножки) 18 »
5. Насадки дефлекторного типа 17 »

Короткоструйная дождевальная установка КДУ (модель 1940 г.).

Модель 1940 г имеет следующие отличия от модели 1938 г.

Диаметр трубопровода внутренний — 100 мм, при толщине стенок трубы 1,5 мм. Длина звена — 5 м, вес звена (в сборке) — около 24 кг. Длина захвата дождевого крыла — 120 м. Количество насадок — 12 шт., расстояние между насадками — 10 м, диаметр отверстия насадки — 14 мм. Насадки расположены через трубу.

Длина холостой части трубопровода — 55 м. Расстояние между гидрантами на стационарном трубопроводе должно быть равно 120 м.

Секундный расход установки — 18 л, необходимый рабочий напор в начале трубопровода — 20 м.

§ 68. Короткоструйная дождевальная установка МООС2

Дождевальная установка МООС2 сконструирована, изготовлена и испытана на Молдавской овощной оросительной станции и предназначается главным образом для орошения овощных культур. Она является переносной дождевальной установкой и состоит из:

- а) насосно-силового агрегата,
- б) магистрального трубопровода с насадками на нем,
- в) открылков с насадками.

а) Насосно-силовой агрегат смонтирован на колесном тракторе СТЗ-ХТЗ. Насос крепится сзади трактора на консольной площадке и работает от вала силового вала через гибкую муфту, редуктор и вторую гибкую муфту. Редуктор, имеющий одну пару шестерен, установлен на той же площадке, что и насос.

Диаметр паярного штуцера насоса — 200 мм, всасывающего — 225 мм. Насос обеспечивает расход 70 л/сек. при напоре 17 м. Приемная линия насоса смонтирована из спирального шланга длиной 4—5 м и имеет

на конце приемный клапан с сеткой. Для механизации подъема и спуска всасывающей линии имеется стрела с блоком и лебедка с тросом, установленные на тракторе.

б) Магистральный трубопровод выполнен из тонкостенных сварных труб. Общая длина магистрального трубопровода — 112,5 м. Он состоит из 15 отдельных труб, длиной по 7,5 м. Первые 8 труб имеют внутренний диаметр 175 мм и остальные 7 труб — 150 мм. Назначение магистрального трубопровода — подводить воду к открылкам и насадкам, присоединенным к нему.

Магистральный трубопровод имеет 15 нар. открылков, отходящих в обе стороны от него в местах соединения труб. Соединение труб магистралей осуществляется с помощью специальных гибких самоуплотняющихся муфт.

Муфта снабжена ножкой.

Открылки выполнены из тонкостенных стандартных сварных труб с внутренним диаметром 50 мм. Общая длина открылка — 15 м, каждый открылок состоит из двух труб по 7,5 м. Трубы открылков между собою,

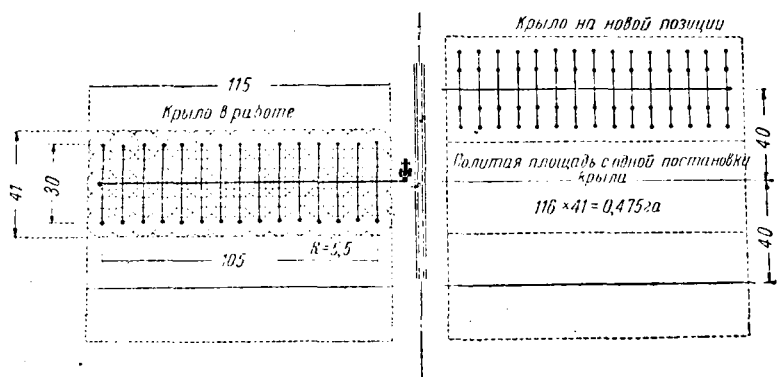


Рис. 111. Схема работы дождевальной установки МООС-2.

а также с магистралью соединены с помощью гибких самоуплотняющихся муфт с ножками.

в) Насадки действуют на принципе использования центробежной силы. Для создания центробежных сил, вода в корпусе насадки проходит по винтовой поверхности, вследствие чего струя получает вращательное движение. Насадки расположены в пять продольными рядами. Центральный ряд насадок расположен по магистральной, а остальные четыре ряда — по два слева и справа от магистралей на открылках (см. рис. 111). В каждом ряду имеется по 15 насадок, а всего их — 75. Расход одной насадки — около 1 л. с. Насадки размещены по квадрату, через 7,5 м и действуют при рабочем напоре равном 5—7 м.

Площадь захвата всеми 75 насадками составляет около 4 200 м². Если магистраль с открылками считать за дождевое крыло, то МООС-2 имеет два таких крыла, работающих поочередно.

Установка работает от сети открытых оросительных каналов и подливает полосу ширину 115+115=230 м, расположенную по обе стороны от оросителей. Расстояние между оросителями также должно быть равно 230 м.

Возможно использование МООС-2 для работы на полустационарной

системе, т. е. от напорного трубопровода с присоединением через гидранты.

Расстояние между параллельными линиями стационарного трубопровода сохраняется то же, что и между оросителями, т. е. 230 м. Расстояние между гидрантами на стационарном трубопроводе должно быть равно 112,5 м.

Переноска магистрали и открьлков осуществляется по звеньям, т. е. переносится звено магистрали и два открьлка вместе, в неразъединенном виде. Для переноски необходимо 4 человека.

Установка МООС2 при мощности двигателя 30 НР имеет расход 70 л, что свидетельствует о высоком коэффициенте полезного действия этой установки.

Положительной стороной МООС2 является также и то, что дождевое крыло захватывает сразу широкую полосу, равную 37,5 м; это значительно сглаживает отрицательное действие ветра на равномерность распределения воды.

1. Основные показатели дождевальной установки МООС2

1. Расход воды — 70 л/сек., или 252 м³ в 1 час, общий напор — 17 м, рабочий напор — 5—7 м. Интенсивность дождя — около 1 мм/мин.

2. Коэффициент использования времени — 0,70—0,75.

3. Суточная производительность = 252 · 24 · 0,70 = 4 233 м³, что при поливной норме 300 м³ дает возможность полить около 14 га.

4. Установка МООС2 обслуживается в смену 6 рабочими, из них переносчиков — 4, моторист — 1 и поливальщик — 1.

5. За сезон установка обслуживает около 100 га.

2. Список частей и оборудования МООС2

I. Насосно-силовой агрегат

1. Трактор колесный СТЗ-ХТЗ	1 шт.
2. Насос 1-ступенчатый 200/225 мм	1 »
3. Редуктор	1 »
4. Консольная площадка	1 »
б. Всасывающий шланг (250 мм) длиной 5 м с клапаном	1 комплект
6. Стрела, лебедка и трос	1 »

II. Дождевое крыло (2 комплекта)

Каждый комплект имеет:

7. Трубы магистрального трубопровода диаметром 175 мм, длиной 7,5 м	8 шт.
8. То же, диаметром 150 мм с муфтами	7 »
9. Трубы открьлков диаметр 50 мм, длиной 7,5 м с муфтами	60 »
10. Насадки центробежные	75 »

§ 69. Дальноструйная дождевальная установка системы ВНИИГим, модель 1939 г.

Установка имеет два варианта — первый вариант с насосной группой на тракторе СТЗ-ХТЗ 30 НР и второй на дизельном тракторе ЧТЗ С-65.

Второй вариант в отличие от первого имеет двойной комплект трубопровода и аппаратов и вдвое производительней первого, так как двигатель в этом варианте мощнее и насос производительней. Кроме того, у второго варианта имеются те преимущества, что трактор работает на дизельном топливе, тогда как в первом — на керосине. Подробное описание дается только для первого варианта.

а) **Насосная станция и двигатель.** Установка рассчитана на работу от колесного трактора СТЗ-ХТЗ мощностью 30 НР. Насосная группа крепится на консольной раме сзади трактора (см. рис. 112).

Консольная рама сварная монтируется из двух продольных кусков швеллерной стали и крепится за болты заднего моста трактора. На площадке установлен насос и редуктор. Привод от трактора к насосу осуществляется через вал силоотъема и карданную муфту. Число оборотов насоса — около 3 000. Для получения указанного числа оборотов установлен редуктор, имеющий одну пару шестерен с косым зубом. Передаточное число редуктора — 5,6. Вал редуктора с валом насоса соединены эластичной муфтой.

б) **Насос.** Центробежный насос установки ВНИИГиМ — одноколесный, американского типа, всасывающий штуцер с $d=100$ мм и один напорный штуцер $d=75$ мм. Марка насоса ЗНК, завод им. Калинина. Вес насоса — 120 кг.

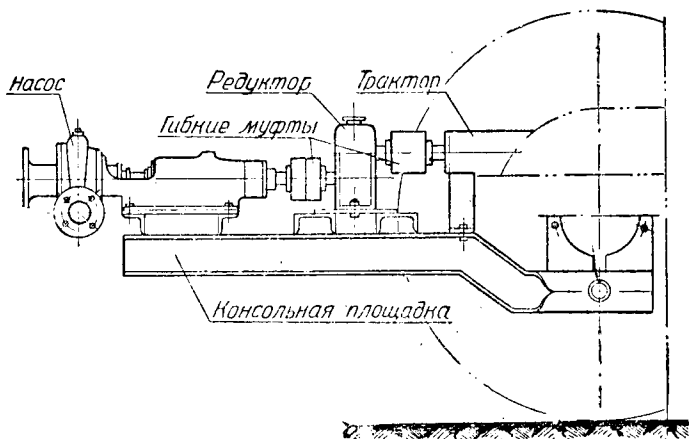


Рис. 112. Насосно-силовая установка на тракторе СТЗ-ХТЗ.

При 3 000 оборотов в минуту насос обеспечивает напор 55 м и расход 22 л/сек., что отвечает расходу 2 дождевальных аппаратов.

в) **Трубопровод.** Переносный трубопровод дальноструйной дождевальной установки ВНИИГиМ предназначен для транспортирования воды от насоса к месту полива. В месте полива на трубопроводе последовательно устанавливаются два дождевальных дальноструйных аппарата. Вода поступает из насоса в трубопровод под давлением в 55 м. У аппарата, в самой удаленной точке трубопровода, обеспечивается рабочий напор 40 м. Трубопровод изготовлен из сварных тонкостенных стальных труб. Толщина стенок труб — 1,5 мм, внутренний диаметр — 125 мм. Трубопровод состоит из отдельных труб длиной по 5 м, которые соединяются между собой посредством специального соединительного устройства РК (раструб — кольцо, показанного на рис. 106).

В местах соединения трубопровод может изгибаться в вертикальной плоскости и следовать за рельефом поля.

Общая протяженность трубопровода — 365 м, из коих 290 м монтируются в одну общую линию, а остальные 75 м являются запасной частью, необходимой для бесперебойной работы всей установки (рис. 113 и 114).

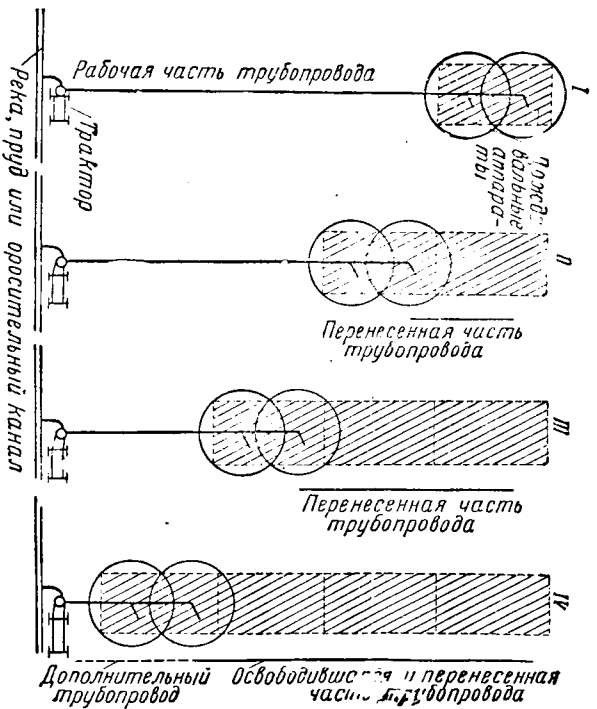


Рис. 113. Схема работы дальноструйной дождевательной установки, работающей от трактора С13-Х13.

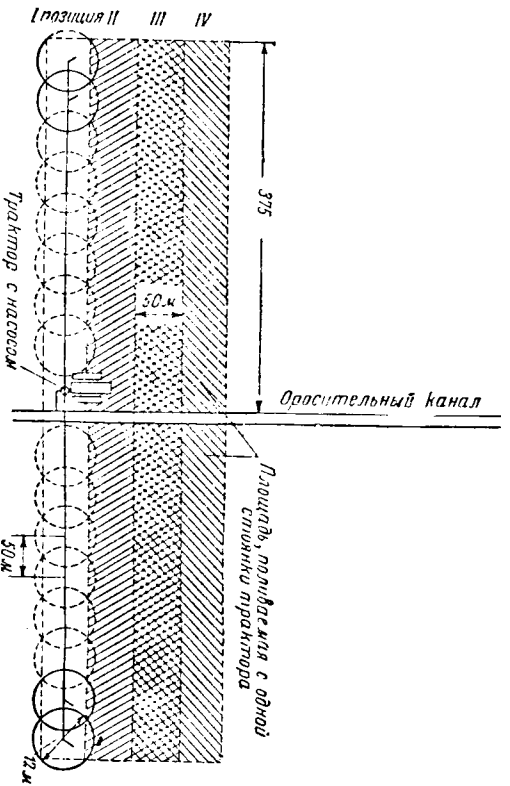


Рис. 114. Схема работы дальноструйной дождевательной установки, работающей от трактора Ч13 С-65.

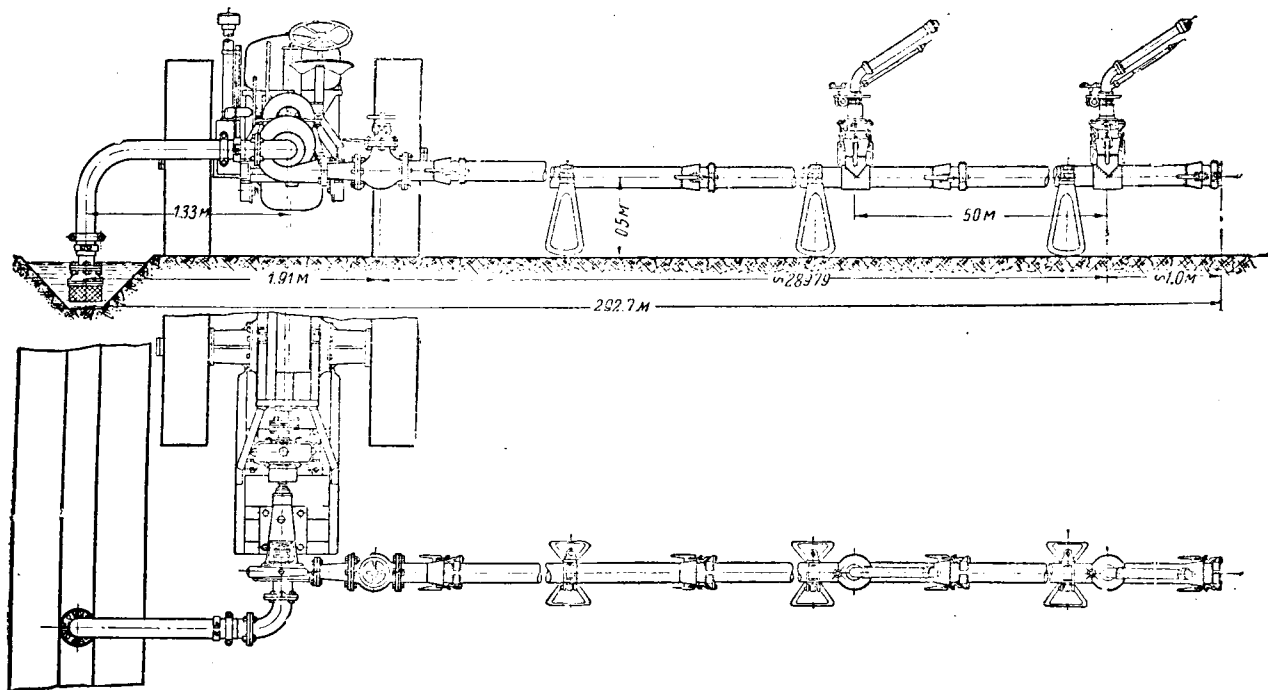


Рис. 115. Насосная станция, трубопровод и дождевальные аппараты (вид сбоку и в плане).

Для присоединения аппарата к трубам на части труо имеется специальное устройство — гидрант.

Общее число труб — 73, из них с гидрантами — 16. Вес трубы (в сборке) — около 26 кг, что позволяет выполнять переноску одному человеку (общий вид установки изображен на рис. 115).

г) Д о ж д е в а л ь н ы й а п п а р а т. Дальноструйная дождевальная установка ВНИИГиМ снабжена дальноструйными дождевальными аппаратами турбинного типа (см. рис. 116). Аппарат состоит из нижней неподвижной части — корпуса аппарата и верхней вращающейся части с турбинным механизмом. Корпус аппарата имеет вертикальную трубу, на нижний конец которой навинчен стакан с четырьмя крючками для присоединения к гидранту трубопровода. В верхней части корпус аппарата снабжен зубчатой шестерней, соединенной с корпусом неподвижно. Внутри вертикальной трубы корпуса помещается вертикальная труба вращающейся части аппарата.

На вертикальную вращающуюся трубу навинчена изогнутая труба, несущая на себе: а) диск с турбинным механизмом и б) два сопла с насадками; внутри ствола главного сопла имеются струенаправляющие пластинки. На схеме показаны

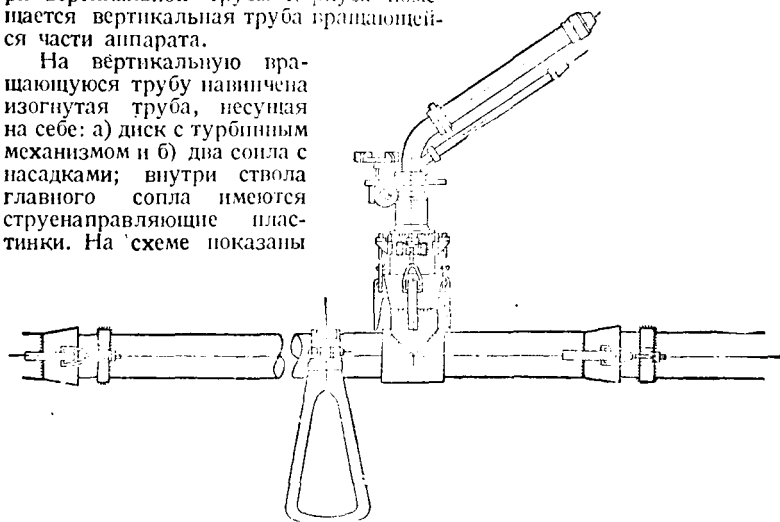


Рис. 116. Дождевальный аппарат дальноструйной дождевальной установки «ВНИИГиМ».

основные части аппарата. Вращение аппарата осуществляется с помощью специального механизма. Вращающийся механизм приводится в движение от струи воды, выходящей через специальное отверстие.

Р а б о т а а п п а р а т а. Аппарат рассчитан на работу при напоре около 40 м. Вода выбрасывается из аппарата через три насадки, т. е. тремя струями.

Главная насадка на главном сопле имеет максимальный диаметр — 21 мм; средняя насадка — на втором изогнутом сопле — диаметр 7,5 мм; третья насадка диаметром 3,5 мм дает воду на лопасти турбины — специального колеса, вращающегося механизма.

Дальность полета струн главной насадки — 35—40 м. Через эту насадку проходит около 89% всего количества воды, расходуемого аппаратом. Скорость движения воды в главной трубе аппарата — около 4 м/сек. Скорость в главной насадке аппарата при диаметре 21 мм — око-

до 27 м/сек. Дальность полета струи второй насадки — 15—18 м; через эту насадку аппарат выбрасывает около 9% всего количества воды, расходуемой аппаратом. Струя третьего отверстия, вращая колесо, разбивается на мелкие капли и его лопастей; дальность захвата этой насадки ограничивается 5—6 м; расход этой насадки составляет около 2% всего расхода аппарата (см. рис. 117).

Наибольшую высоту полета имеет главная струя; высшая точка траектории достигает высоты около 10 м при угле наклона сопла к горизонту 32°.

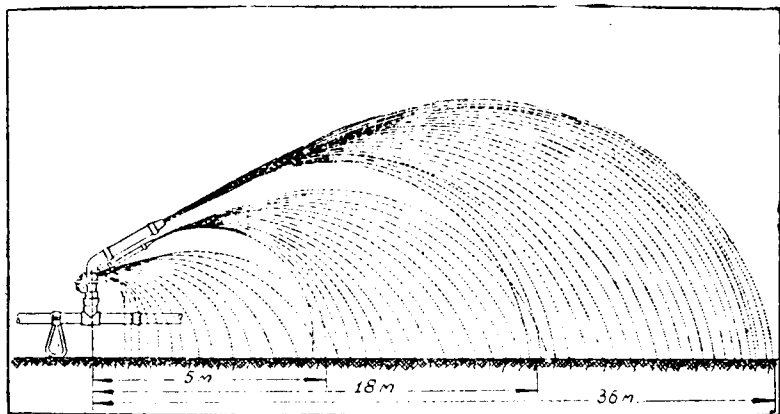


Рис. 117. Схема работы насадок аппарата.

Наибольшее распространение описанная дальноструйная установка может получить в плодоводстве, а также в овощеводстве и на пропашных культурах.

На непронашиваемых культурах ее применение связано с потапыванием некоторого количества посевов при переносках трубопровода и аппаратов.

Площадь потапывания составляет около 4% от общей площади карты.

Необходимость ручной переноски трубопровода обуславливает состав смены не менее 3 человек, из коих: трактористов — 1, рабочих поливальных — 2.

Принцип дальноструйного дождевания, применяемый в этой установке, влечет за собою значительные затраты энергии — до 3,0—3,5 квт/час на каждый миллиметр дождя на 1 га.

1. Показатели работы дождевального аппарата ВНИИГиМ*

1. Расход воды	около 11 л/сек.
2. Радиус захвата-брутто	36,8 м
3. Площадь захвата-брутто	до 4000 м ²
» » нетто	около 2500 м ²
4. Средняя интенсивность дождя	0,16—0,20 мм

* Показатели работы даются при давлении $H=40$ м. Динамика этих величин дана в работах А. М. Поспелова и Ф. И. Пикалова «Дождевание», т. II, 1936 г., Сельхозгиз.

2. Спецификация дальнотруйной дождевальной установки ВНИИГиМ, модель 1939 г.

1.	Трактор СТЗ или ХТЗ (колесный)	1 шт.
2.	Насос ЗНК завода им. Калинина	1 »
3.	Трубы с гидрантами сварные (в сборе)	16 »
4.	Трубы без гидрантов сварные (в сборе)	57 »
5.	Всасывающий спиральный шланг с клапаном ($d = 100$ мм)	3 м
6.	Задвижка «Лудлов» 75 мм	1 шт.
7.	Резиновые кольца от муфт Симплекс (100 мм)	76 »
8.	Манометр	1 »
9.	Вакуумметр	1 »
10.	Дождевальные аппараты	4 »
11.	Редуктор	1 »
12.	Консольная рама (сварная)	1 »
13.	Гибкая муфта (для соединения вала насоса и вала редуктора)	1 »
14.	Шарнир Гука для соединения вала трактора и вала редуктора	1 »
15.	Заглушки концевые к гидрантам	18 »
16.	Масленка	1 »
17.	Колесо чугунное 75 мм	1 »
18.	Патрубок фланцевый	1 »

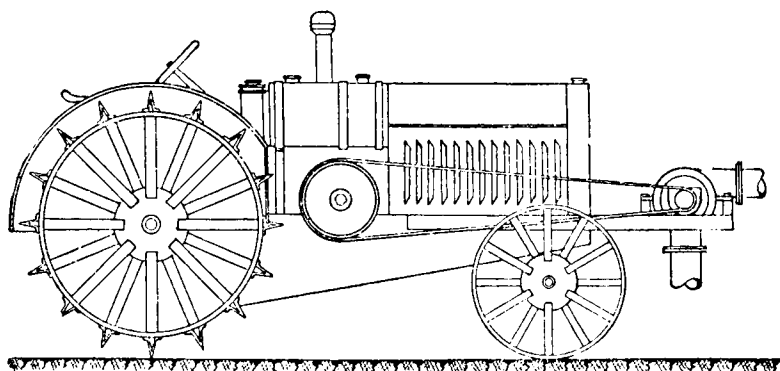


Рис. 118. Насосно-силовая станция дальнотруйной дождевальной установки «НИИП-Юж. ВНИИГиМ» на тракторе СТЗ-ХТЗ.

3. Характеристика работы установки

1.	Напор у выхода из насоса	5—6 атм.
2.	Радиус захвата аппарата-нетто	25 м
3.	Расход воды обоими аппаратами	20—22 л сек.
4.	Потребная мощность двигателя	25 HP
5.	Производительность за сезон	30—40 га
6.	Площадь захвата-нетто одним аппаратом	около 2 500 м ²
7.	Наибольшая высота всасывания насосом	до 4 м
8.	Габариты насосной станции:	
	а) длина с трактором	5 000 мм
	б) высота по радиатору трактора	1 770 »
	в) ширина по трактору	1 685 »
9.	Нижняя точка насоса	470 »
10.	Высота расположения трубопровода над землей (ось трубопровода)	500 »

§ 69а. Дальнотруйная дождевальная установка системы Юж. ВНИИГиМ-НИИП

Эта дождевальная установка аналогична по своему устройству вышеописанной дальнотруйной дождевальной установке ВНИИГиМ. Особенности ее устройства следующие.

а) **Насосная станция и двигатель.** Установка рассчитана на работу от колесного трактора СТЗ-ХТЗ мощностью 30 НР. Насос крепится на консольной раме впереди трактора (рис. 118). Крепление рамы осуществляется 4 болтами к лотку трактора, для чего в последнем сверлятся дыры. Привод от трактора к насосу ременный. Центры шкива трактора и шкива насоса отстоят на расстоянии около 130 см, диаметр шкива насоса — 11 см; для получения нужного числа оборотов насоса (около 2 000) шкив трактора должен иметь диаметр 53 см.

Насос — пожарного типа марки ЗИС. Один из двух напорных штуцеров заглушен, второй снабжен запорным краном. Пользование одним штуцером, имеющим 50 мм в диаметре, вызывает излишние потери напора, а наличие крана, открываемого поворотом его на 90°, может вызвать значительный гидравлический удар в напорном трубопроводе, если кран будет открыт сразу.

Недостатком насосно-силового агрегата является ременная передача при сближенном расстоянии между шкивами и при значительной разнице диаметров шкивов. Эти два обстоятельства должны обусловить потери мощности за счет скольжения ремня и быстрый износ ремня.

При вытягивании ремня возникает необходимость периодически увеличивать расстояние между шкивами, для чего насос может быть передвинут по раме.

б) **Напорный трубопровод** такой же, как у системы ВНИИГиМ, с небольшими отличиями в устройстве сценления труб. Длина трубопровода обуславливается схемой его расположения.

в) **Дождевальные аппараты.** Дождевальный аппарат установки ЮжНИИГиМ легче дождевального аппарата ВНИИГиМ (вес — 7,70 кг), что достигается главным образом за счет укорочения главного сошла аппарата, которое, как это видно из рис. 119, имеет коническую форму.

Устройство турбинного механизма аналогично системе ВНИИГиМ, но несколько проще и прочнее. Все общие замечания, сделанные в отношении установки системы ВНИИГиМ, относятся и к данной установке.

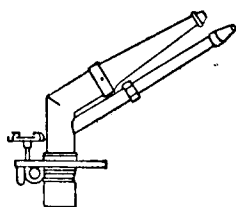


Рис. 119. Дальноструйный дождевальный аппарат «ЮжНИИГиМ-НИМФ».

Основные показатели аппарата системы ЮжНИИГиМ-НИМФ

- | | |
|---|----------------------------|
| 1. Расходы воды при напоре 40 м | 10,50 л/сек. |
| 2. Радиус захвата-нетто при напоре 40 м | 25 м |
| 3. Площадь захвата-нетто | около 2 500 м ² |
| 4. Средняя интенсивность дождя | 0,20 мм в минуту |

§ 70. Коромысловый дальноструйный дождевальный аппарат системы ЗагНИИВХ

Коромысловый дождевальный аппарат отличается простотой своей конструкции. Вместо довольно сложного турбинного устройства для вращения аппарата у ранее описанных систем здесь применен принцип реактивной силы, возникающей при ударе струи о подвижную лопатку — коромысло. Коромысло в середине закреплено подвижно на горизонтальной оси (рис. 120). При ударе струи о лопатку верхний конец коромысла отталкивается вместе с сошлом аппарата, к которому оно прикреплено, на некоторый угол вправо и одновременно действием той же струи отталкивается вниз, вследствие чего лопатка выходит из струи и вращение

прекращается. Противовес снова заставляет лопатку стать в прежнее положение, и струя снова ударяет в лопатку. Таким образом, коромысло действует автоматически, заставляя аппарат вращаться толчками. Аппарат имеет только одно сошло.

Простота устройства вращения является существенным преимуществом этого аппарата. Однако действие коромысла не обеспечивает равномерности распределения дождя и снижает дальность полета струи. По характеру и условиям работы относится к дальноструйным.

Основные показатели коромыслового аппарата системы ЗакНИИВХ

1. Расход при напоре 40 м	7,10 л/сек.
2. Радиус захвата-брутто при напоре 40 м	29,4 м
3. Площадь захвата-брутто	2 715 м ²
4. Средняя интенсивность дождя	0,18 мм/мин.

§ 71. Капитальные и эксплуатационные затраты при применении дальноструйных дождевальных установок

Применение дальноструйных дождевальных установок осуществляется при открытой сети оросителей или на полустационарных дождевальных оросительных системах. Возможно также применение этих установок для орошения площадей, прилегающих к прудам и рекам.

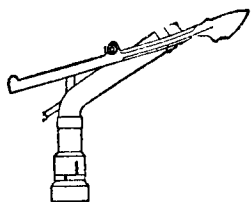


Рис. 120. Коромысловый дождевальный аппарат системы ЗакНИИВХ.

При работе дальноструйной дождевальной установки на естественных водоемах капитальные затраты определяются стоимостью дождевальной установки. Ориентировочно стоимость установки без трактора определяется при малосерийном производстве в 12 000 рублей, а при массовом — 5 000—6 000 рублей. Стоимость капиталовложений на 1 га соответственно выразится суммой от 150 до 400 рублей. В случае применения открытой сети к этой сумме необходимо прибавить еще затраты на открытую сеть, насосную станцию или головное сооружение.

Применение дальноструйных установок на полустационарных системах требует прокладки трубопроводов и устройства стационарной насосной станции. Можно полагать, что капиталовложения при полустационарном варианте не будут выше капиталовложений при работе КДУ при таком же варианте (см. выше). Эксплуатационные затраты при работе дальноструйных установок на 1 га за сезон обходятся от 350 до 500 рублей (все цены ориентировочные).

§ 72. Консольный дождевальный агрегат

Консольный агрегат, сконструированный и испытанный во ВНИИГиМ инженером М. С. Яшиным, — новая советская высокопроизводительная дождевальная машина, механизующая полностью поливную процесс. Этот агрегат применим в крупном механизированном орошаемом хозяйстве. Агрегат устроен на тракторе (дизельном) ЧТЗ С-65. На тракторе монтируется легкая ферма и насос, который с помощью специально устроенной всасывающей линии забирает воду из картового оросителя, в то время как агрегат на тракторе движется рядом с оросителем (рис. 121).

Ферма средней частью опирается на трактор, а двумя своими косьями-консолями отходит в обе стороны от трактора перпендикуляр-

2325 мм между внешними краями их), снабжен дизельным двигателем, который работает на дешевом горючем.

Скорости движения трактора ЧТЗ для дождевального агрегата велики. Путем замены системы зубчатых передач к коробке скоростей, без изменения верхнего и нижнего валов, скорости движения трактора уменьшены: передняя — до 1,2 км в час и задняя — до 1 км в час. Кроме того, остается еще одна передняя скорость 3 км в час.

б) Ф е р м а (см. рис. 121, 122 и 124). Конструкция фермы стержневая. Предварительные исследования принципа устройства консолей показали, что тросовая подвеска труб оказалась непригодной.

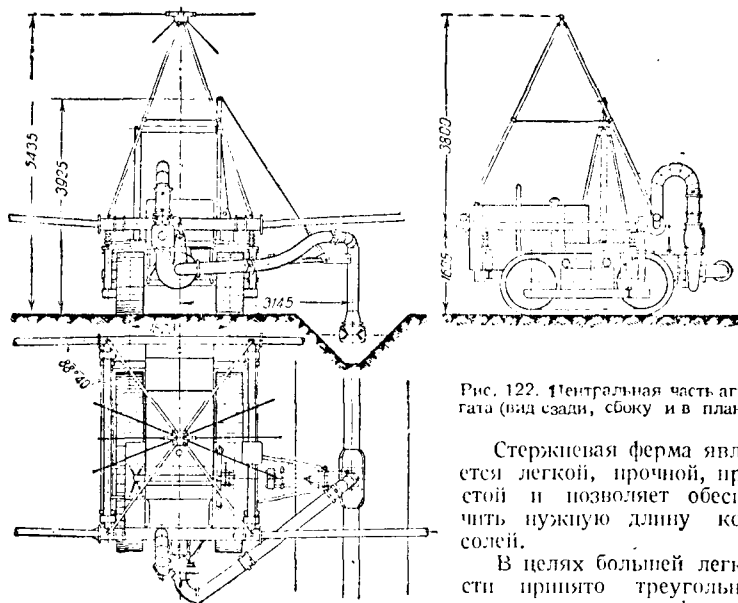


Рис. 122. Центральная часть агрегата (вид сзади, сбоку и в плане).

Стержневая ферма является легкой, прочной, простой и позволяет обеспечить нужную длину консолей.

В целях большей легкости принято треугольное поперечное сечение фермы.

Ферма разделена на 25 панелей, длина каждой панели — 5 м, за исключением конечных центральной и прилегающих к центральной, имеющих меньшую длину. Верхний пояс с нижним соединен стойками из труб и раскосами из круглого железа. Нижние пояса соединены распорками из труб и растяжками из круглого железа. Все элементы поясов и решетки фермы от середины фермы к концам уменьшаются в своих поперечных сечениях. Все трубы фермы стальные цельнотянутые (по ОСТ 5098). Трубы нижнего пояса, кроме центральной панели, изменяются от 100 до 50 мм внутреннего диаметра. Трубы решетки изменяются с 50 до 25 мм. Диаметр круглого железа верхнего пояса и решетки изменяется от 36 мм до 6 мм. Трубы нижних поясов соединяются посредством фланцев, приваренных к трубам.

В центральной панели, для передачи воды из задней линии нижних поясов, в которую непосредственно подается вода насосом, в переднюю, используются распорки, которые взяты диаметром в 125 мм. Вместе с трубами нижних поясов эти распорки составляют раму. Стойки на раме образуют пирамиду центральной панели.

Ферма рассчитана на статическую вертикальную нагрузку и на дей-

ствии ветра с давлением 40 кг на квадратный метр на фактическую площадь его действия. Это соответствует скорости ветра примерно 23 м в секунду.

Ферма присоединена к трактору особым креплением: спереди — к ланжеронам рамы трактора, а сзади — к раме гусеничной тележки. Между фермой и креплением фермы поставлены вертикальные амортизаторы в виде спиральных пружин и горизонтальные в виде резиновых прокладок. Присоединение к гусеничной раме сделано на шарнирах для возможности продольных наклонов гусеничного хода, независимо от фермы.

На случай наклона фермы на одну сторону до земли, на консолях фермы, по серединам их, поставлены упорные скобы (амортизаторы).

В задней трубе центральной рамы агрегата по разные стороны от входа воды из насоса в раму поставлены обратные клапаны, а передняя труба рамы, проходящая впереди радиатора трактора, перегородена глухой стенкой. Обратные клапаны и стенка не позволяют переливаться

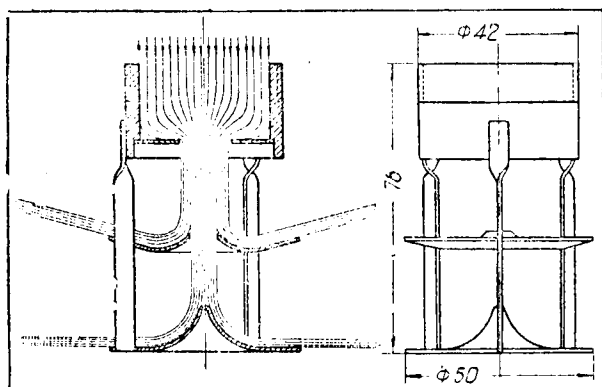


Рис. 123. Насадка конькового агрегата. Общий вид и схема разбрызгивания воды.

воде из одной консоли в другую во время наклона агрегата на одну сторону при прекращении подачи воды насосом. Ферма может быть снята с трактора в собранном виде.

Н а с а д к и. На обеих линиях трубопроводов, на нижних поясах фермы, через 5 м на каждой линии и через 2,5 м по обеим фермам, в шахматном порядке поставлены насадки, разбрызгивающие поступающую из трубопроводов воду. В середине фермы и по концам ее насадки поставлены чаще. Всего насадок 51. Насадки ввертываются в патрубки, приваренные к трубам.

Насадки состоят из корпуса — отрезка трубки диаметром 40 мм, высотой около 40 мм, впаивной в него пластины с отверстием и двух расположенных друг под другом дефлекторов (см. рис. 123). Часть струи проходит через отверстие в верхнем дефлекторе и попадает на нижний дефлектор. Такое двухъярусное устройство насадки обеспечивает лучшую равномерность разбрызгивания.

Н а с о с. При полном числе оборотов вала трактора вал насоса благодаря редуктору делает 1 050 оборотов в минуту. Насос — центробежный, одноколесный (группа X, 200 мм). Полный напор насоса при

указанном числе оборотов — 25 м. При коэффициенте полезного действия насоса, равном 0,6, на 100 л/сек требуется 55,5 л.с. Остаточная мощность трактора 9,5 л.с. затрачивается на передвижение агрегата.

Для заливки насоса на нем крепится ручной насос «Альвейер» диаметром 40 мм, со своим всасывающим шлангом и напорной трубкой, входящей в напорную трубу основного насоса. Для учета вылитой воды на насосе устанавливается водомер Вольтмана диаметром 200 мм.

Всасывающая линия (см. рис. 122). Всасывающая линия помещена с правой стороны трактора. Она состоит из колена насоса, гибкого шланга, сварной трубы и камеры приема.

Труба внизу конически расширяется и соединяется с камерой приема. Между расширенным концом трубы и камерой помещен обратный двухстворчатый клапан. Приемная сетка имеет площадь 0,21 м², диаметр отверстия сетки 6 мм.

Вся система всасывающей линии опускается или подымается на тросе с помощью ручной лебедки, установленной возле сиденья тракториста.

Необходимые материалы. Для изготовления агрегата необходимы в основном следующие материалы:

- 1) труб стальных ОСТ 5098, диаметром от 200 мм до 25 мм, общей длиной 450 м;
- 2) стали сортовой и фасонной — 2 800 кг;
- 3) стали для шестерен — 250 кг;
- 4) латуни листовой толщиной 1 мм — 10 кг;
- 5) Шланга спирального — 4 м (всасывающий) и 1 м (нагнетательный).

Необходимое оборудование:

1. Части одноколесного насоса группы X, с диаметром штуцеров 200 мм (улитка, ротор)	1 компл.
2. Водомер	1 шт.
3. Насос ручной «Альвейера»	1 »
4. Манометр	1 »
5. Вакуумметр	1 »
6. Редуктор	1 »
7. Шестерни демультипликатора	6 »

Работа агрегата. Для передвижения агрегата вдоль канала необходима дорога шириною около 3,5 м, считая от бровки канала. На поперечных неровностях дорог агрегат будет наклоняться в ту или другую сторону. Для того чтобы при таких наклонах консоли не задевали за землю, нижние пояса фермы сделаны с подъемом их от трактора к концам крыльев. Концы фермы выше земли на 5 м.

Агрегат поливает в движении, причем для дачи полной увлажнительной нормы агрегат должен над каждым местом проехать несколько раз. За один след агрегат дает слой дождя в 3 мм.

Движением агрегата достигается увеличение производительности за счет применения большей, чем при обычном короткоструйном дождевании, действительной интенсивности дождя.

Сеть каналов и сооружения на них. Для работы агрегата необходима сеть картовых оросителей, проведенных параллельно, через 120 м. Для езды агрегата при поливе около картовых оросителей должны быть оставлены дороги шириной около 3,5 м. В среднем вместе с каналом будет занята полоса шириною около 6 м, т. е. (6 × 100) : 120 = 5% площади карты.

Картовые оросители должны иметь глубину воды не менее 0,5 м. Поэтому картовые оросители надо проводить с небольшим уклоном, примерно не более 0,0005. Для получения сравнительно небольших разностей глубин по длине картовых оросителей необходимо их разбить на

бьефы временными или легкими постоянными подпорными сооружениями. Длина бьефов должна быть не менее 150 м. Дамбы каналов допустимы не более 0,3 м высотой; при необходимости иметь более высокую дамбу следует насыпать и дорогу так, чтобы дамба не превышала дорогу более чем на 0,3 м.

На каналах с большими уклонами необходимо с перегораживающими сооружениями делать перепады.

Преимущества агрегата. Перед существующими дождевальными переносными установками агрегат имеет ряд преимуществ.

1. Он механизмирует полив, причем не только заменяет ручной труд машинным, но и значительно повышает производительность труда.
2. При работе агрегата растения не повреждаются запыльванием.
3. Равномерность дождя мало подвержена вредному действию ветра;

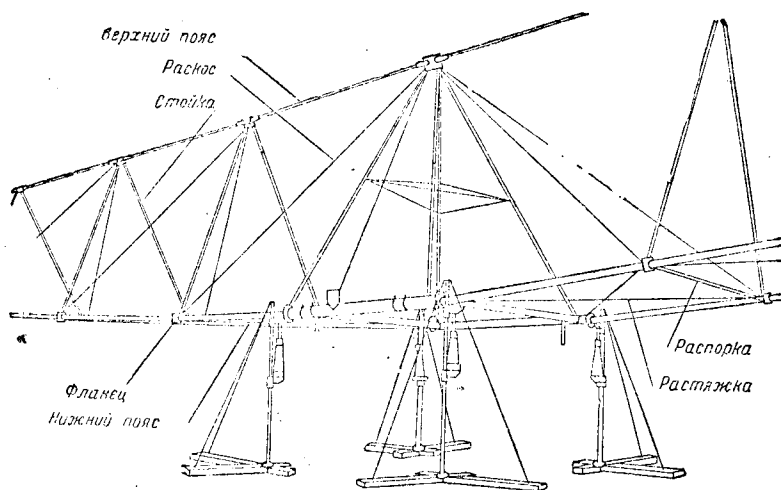


Рис. 124. Ферма агрегата снята с трактора и установлена на стойки.

4. С помощью консольного агрегата возможно широко применять освежительные поливы, т. е. поливы нормой в 2—3 мм в жаркую погоду для улучшения климата приземного слоя воздуха. Этим достигается снижение температуры воздуха и повышается его влажность; вместе с тем снижается и температура тканей растения. Освежительные поливы, по последним опытным данным, дают значительные прибавки урожая.

Недостатки агрегата. К недостаткам агрегата относится некоторая сгущенность сети картовых оросителей, необходимых для его работы. Однако картовая сеть сгущена не больше, чем при самотечном поливе.

Агрегат прошел технические и производственные испытания и с 1939 г. передан в серийное производство.

В свободное от поливов время ферма агрегата в собранном виде может быть снята с трактора в течение 5—6 часов с помощью специального устройства — съемника, после чего трактор может быть использован на вспашке или комбайновой уборке.

1. Основные показатели агрегата

1. Расход воды — 100 л/сек., или 360 м³ час.
2. Коэффициент использования времени суток — до 0,85.
3. Суточная производительность $100 \times 3600 \times 24 \times 0,85 = 7\,344$ м³ воды; при поливной норме 300 м³ на 1 га это обеспечивает полив 25 га в сутки.
4. Обслуживается в смену одним трактористом и одним рабочим.
5. При интенсивном поливном режиме агрегат обслуживает за сезон около 150—200 га.
6. Эксплуатационные затраты — около 120 рублей на 1 га за сезон.
7. Стоимость агрегата без трактора при малосерийном выпуске — 25—28 тыс. рублей (ориентировочно).
8. Затраты металла на 1 га — около 20 кг.

2. Технические условия на проектирование сети для работы двухконсольного дождевального агрегата

1. Расстояние между осями картовых оросителей — 120 м (в том числе ширина дороги и канала).
2. Расход-нетто картового оросителя — 100 л/сек.
3. Глубина воды в картовом оросителе — не менее 0,5 м.
4. Разность высоты между дорогой и горизонтом воды — не более 1 м.
5. Участки работы агрегата на картовом оросителе — бьефы должны быть не менее 150 м; желательно, чтобы бьефы достигали 400—500 м длины.
6. Расстояние между осями дороги и канала — 3 м, расстояние от оси дороги до внешнего ее края — 1,75 м, а до бровки переменное — от 1,75 м до 1,20 м.
7. Превышение верха дамбы над дорогой не должно быть более 0,30 м.
8. Картовые оросители должны проектироваться вдоль горизонталей. Уклоны dna желательны около 0,0005.

§ 73. Стационарные и полустационарные дождевальные установки

А. Стационарные дождевальные установки (с применением дальноструйного принципа дождевания) требуют больших капиталовложений, исчисленных в сумме до 6000 рублей и более на 1 га, и поэтому в настоящее время едва ли смогут найти широкое применение в нашем ирригационном строительстве. Применение короткоструйного принципа, при условии полной стационарности всей аппаратуры, приведет к еще большему увеличению капитальных затрат, что делает такие стационарные системы экономически совершенно неприемлемыми для широкого строительства.

Автоматизм и постоянная готовность к действию стационарных систем (на дальноструйном принципе) позволяет рассматривать их как перспективные системы, которые могут вводиться по мере развития и усовершенствования ирригационного строительства. Высокие стоимости стационарных систем складываются главным образом из стоимости стационарных трубопроводов. С увеличением дальности полета струи в 2 раза, количество потребных труб уменьшается почти в два раза; это обстоятельство толкает на увеличение радиуса захвата до 100 м и более. Однако увеличение радиуса захвата сопряжено с рядом недостатков:

1) При наличии ветра со скоростью в 3—4 м/сек. и более дальность полета струи резко снижается (см. таблицу).

*Изменение дальности полета (R) струи аппарата ВНИИГиМ
при различной скорости ветра*

Напор у аппарата (в метрах)	Скорость ветра (в метрах в секунду)	Радиус захвата (в метрах)		Сумма (в метрах)	Площадь захвата-брутто (в кв. метрах)
		максимальный	минимальный		
40	0,55	42,0	31,0	73,0	4 321,0
40	0,65	40,8	30,4	71,2	3 973,0
40	1,2	36,0	28,0	64,0	3 383,0
40	1,8	38,8	24,6	63,4	3 298,0
40	3,0	37,4	22,8	60,2	2 612,0
40	3,5	35,9	20,2	56,1	2 290,0

При ветре одновременно с уменьшением R и площади захвата резко ухудшается равномерность распределения дождя.

2) Дальноструйный принцип дождевания даже в пределах широко применяемых дальностей полета (до 30—40 м) обуславливает неудовлетворительное качество дождя. Оно выражается: в чрезвычайной крупности капель, большой величине действительной интенсивности в секторе падения дождя при значительной живой силе падающих с большой высоты крупных капель. Это обуславливает разрушение почвенной структуры и вызывает образование корки.

3) Увеличение дальности полета струи сопряжено с необходимостью больших затрат энергии на создание большего напора.

4) Увеличение дальности полета вызывает резкое возрастание расхода аппарата. При увеличении дальности полета струи (брутто), например, с 25 м до 100 м (в 4 раза), площадь орошаемого круга возрастает в квадрате, т. е. в 16 раз. Если в первом случае расход аппарата составлял 6—7 л/сек., то при прежней средней интенсивности дождя (около 0,20 мм) для второго случая потребуется расход аппарата довести до 100 л/сек. Струя такой мощности едва ли практически допустима, так как окажется опасной для растений и почвенной структуры. Если же пойти на увеличение расхода не в 16 раз, а всего в 4 раза, то средняя интенсивность дождя упадет до 0,05 мм/мин. и тогда для полива слоем 40 мм потребуется время, равное 8 часам, т. е. производительность аппарата сильно снизится.

Стационарные системы могут применяться в узких пределах. Их применение (при работе на дальноструйном принципе) возможно в условиях, когда поливы могут быть осуществлены в безветреную погоду, в условиях участков с особо ценными и интенсивными культурами, а также площадей специального назначения.

Стационарные короткоструйные системы не встречают возражений со стороны технической их целесообразности, но сохраняют за собою возражения экономического порядка.

В тех случаях, когда необходимо запроектировать стационарную дождевальную систему, дождевальные аппараты или дождевальные короткоструйные насадки следует взять из применяющихся в передвижных системах.

Б. Полустанционные дождевальные системы (см. выше рис. 104, стр. 212) имеют стационарными насосную станцию и основные магистрали трубопроводов. Непосредственно из стационарных магистральных трубопроводов дождевание не производится, их назначение — транспортиро-

вать воду. Таким образом, стационарные трубопроводы заменяют обычную открытую сеть групповых и картовых оросителей.

Переносными в системах этого типа являются более мелкие разветвления трубопровода и дождевальная аппаратура, разбрызгивающая воду. Размеры системы этого типа могут колебаться в значительных пределах, достигающих площади в несколько сотен и даже тысяч гектаров. Так как большая протяженность трубопроводов сопряжена с увеличением потерь напора, то она вызовет необходимость увеличения сечения труб. Переносные трубопроводы, дождевальные аппараты или насадки берутся те же, что и у переносных систем (см. выше).

Применение дождевальной установки КДУ на полустационарной системе описано выше.

Капитальные затраты при строительстве полустационарных систем значительно ниже, чем стационарных. Однако эксплуатационные затраты выше и приближаются к эксплуатационным затратам при переносных установках.

Полустационарные дождевальные системы могут быть как высоконапорные, так и низконапорные. В качестве стационарного трубопровода целесообразно применение асбоцементных труб соответствующих диаметров. Эти трубы дешевы, прочны и очень удобны при сборке. Кроме того, потери напора в них значительно ниже и гидравлические удары погашаются упругостью трубопровода в местах соединений, если трубы остаются уложенными по поверхности.

1. Проектирование стационарной насосной станции

Проектирование стационарной насосной станции для целей дождевания не несет в себе особой специфики и проводится на основе методов, применяемых в ирригации для проектирования насосных станций. Рассчитывая насосы, необходимо учесть потери напора в трубопроводе и напор для преодоления относительной разности высот мест орошения. Суммарный потребный напор насоса складывается из:

- рабочего напора, необходимого для нормального действия дождевальных аппаратов или пасадок;
- геометрической высоты;
- потерь напора в трубопроводах.

2. Проектирование стационарных напорных трубопроводов

Принципы проектирования и монтажа стационарного трубопровода для дождевания те же, что и в водопроводном деле. В целях экономного выбора сечений трубопровода следует допускать скорости от 1,0 до 1,5 м в секунду. В выборе материала для трубопровода следует учитывать целесообразность применения асбоцементных труб, производимых теперь в СССР в больших количествах. Стоимость этих труб на 20—40% ниже чугуновых. Кроме того, они снабжены специальными соединительными муфтами «Симплекс», позволяющими быстро и дешево монтировать трубопровод.

Вся прочая соединительная арматура также вырабатывается стандартной и удобна в монтаже.

Стационарный трубопровод для дождевания нет необходимости закапывать на непромерзаемую глубину. В целях удешевления строительства укладку трубопровода целесообразно вести по поверхности. При наземном положении трубопровода потребуются обязательное удаление воды из труб на морозный период года. Наземная укладка труб ведется непосредственно на землю. Профиль наземного трубопровода следует за профилем местности; при удалении воды на зиму необходимо учитывать,

что на пониженных местах вода может остаться в трубах, если не принять соответствующих мер.

Свободно лежащий трубопровод при эксплуатации под действием напора может в местах искривлений и поворотов, благодаря реактивным силам, сдвигаться, что приведет к разрыву трубопровода. Необходимо во всех местах, где направление трубопровода меняется, закреплять трубопровод с помощью колец и проволоки (см. рис. 125). В конце трубопровода, а также в местах ответвлений, крепление также необходимо.

В США применяются системы с подвесными трубопроводами. В этом случае трубы прокладываются на столбах или подвешиваются посредством системы тросов. Такой тип устройства трубопроводов стационарной системы может найти у нас применение только в небольших интенсивных хозяйствах с высокоценными насаждениями. В условиях крупного механизированного хозяйства наличие столбов и мачт явится помехой для механизации. Кроме того, крайне высокая стоимость систем с подвесными трубопроводами также не может способствовать широкому их применению.

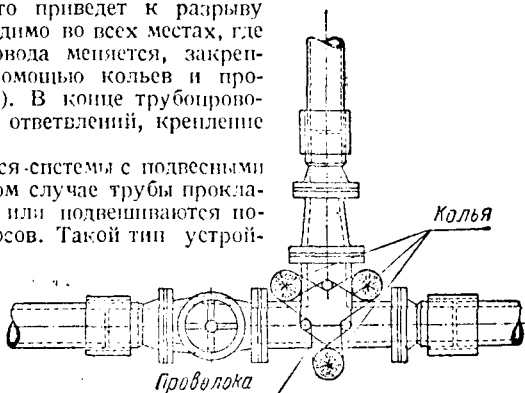


Рис. 125. Крепление тройникового узла асбоцементного трубопровода, проложенного по поверхности почвы.

§ 71. Эффективность дождевания

1. Влияние дождевания на структуру почвы

Интенсивность дождя должна соответствовать физическим свойствам почвы. Дождь излишне большой интенсивности разрушает почвенную структуру. Это показывает следующая таблица:

Влияние дождя различной интенсивности на макро- и микросостав почвенных агрегатов (чернозем)

Интенсивность дождя (в миллиметрах в минуту)	Процент фракции почвенных агрегатов размером (в миллиметрах)						Увеличение поч- венных агрега- тов диаметром до 1 мм (в процен- тах)
	20	20—10	10—5	5—1	1—0,5	< 0,5	
Контроль	28,88	19,92	11,70	23,89	7,70	7,91	—
0,25	18,28	22,31	14,88	26,19	9,21	9,13	2,73
0,50	—	5,21	16,59	53,08	13,27	11,85	10,51
1,00	7,08	13,08	13,38	37,02	13,28	16,16	13,83
2,00	6,72	17,12	14,65	29,46	14,61	17,44	16,44
3,00	—	15,91	11,21	33,82	13,19	25,87	23,45
Бороздной полив	—	8,58	10,30	35,41	16,38	29,33	30,10

С увеличением интенсивности дождя его разрушающее действие на структуру почвы возрастает. При одной и той же интенсивности дождя его разрушающее действие на структуру почвы возрастает с возрастанием величины капель. Сказанное может быть проиллюстрировано следующими цифрами.

Влияние капель различной величины на макро- и микросостав почвенных агрегатов (чернозем)

Интенсивность дождя (в миллиметрах в минуту)	Средний диаметр капель (в миллиметрах)	Процент фракций почвенных агрегатов размером (в миллиметрах)						Увеличение агрегатов с диаметром до 1,0 мм (в процентах)
		20	20—10	10—5	5—1	1—0,5	0,5	
Контроль	—	8,85	18,47	19,44	41,83	6,72	4,69	—
1,0	1,0	6,08	12,61	18,59	41,61	10,25	10,86	9,70
1,0	2,5	2,94	6,78	17,94	47,23	9,78	15,33	13,70
1,0	5,0	—	2,84	12,15	38,51	15,14	31,36	35,09
0,5	2,5	2,34	14,18	22,54	41,47	8,53	10,94	8,06
0,5	5,0	—	5,40	17,28	46,07	12,43	18,82	19,84
Бороздной полив . .	—	—	3,14	12,98	40,04	15,22	28,62	32,43

Дождь хорошего качества (по интенсивности и по величине капель) не должен вызывать образования корки после полива, сток воды по поверхности почвы в процессе полива не должен иметь места, глубина промачивания почвенного слоя должна строго отвечать требованиям культуры. Отклонение от этих требований влечет за собою снижение эффективности дождевания.

2. Изменения климата приземного слоя воздуха

Во время полива дождеванием и значительное время после полива, в климате приземного слоя воздуха происходят существенные изменения. Температура воздуха снижается и тем сильнее, чем выше она была до полива. Среднее снижение температуры выражается для жаркого дня в 6—8°C и больше. Влажность воздуха, как абсолютная, так и относительная, значительно возрастает и тем резче, чем ниже была влажность до полива. Среднее увеличение относительной влажности воздуха для засушливых условий выражается в 30—40% и более.

Своевременно даваемые освежительные поливы могут обеспечить нужный климат приземного слоя воздуха в полевых условиях.

Изменения климата приземного слоя воздуха оказывают существенное воздействие на гидротермический режим растений, что проявляется повышением тургора тканей листьев, увеличением содержания воды в листьях и снижением температуры листьев.

Как следствие изменения гидротермического режима растений при дождевании, рост и развитие последних улучшается, что ведет к повышению урожайности. Например, освежительные поливы пшеницы до кущения и в период кущения обеспечивают более полное развитие колоса и колосков, что является основной предпосылкой увеличения урожая. На свекле, льне и овощных культурах, табаке и др. освежительные поливы вызывают более интенсивное развитие вегетативных органов и за счет этого повышенный прирост сухой массы.

Положительное значение дождевания как приема, воздействующего на климат приземного слоя воздуха, а через него на растение, позволяет считать дождевание приемом, мелиорирующим не только почву, но и климат приземного слоя воздуха. Это последнее вооружает агротехнику новым приемом повышения урожайности.

3. Внесение удобрений с водой при дождевании

Для правильного развития растений необходимо обеспечить в почве достаточное количество соответствующих минеральных веществ и воды.

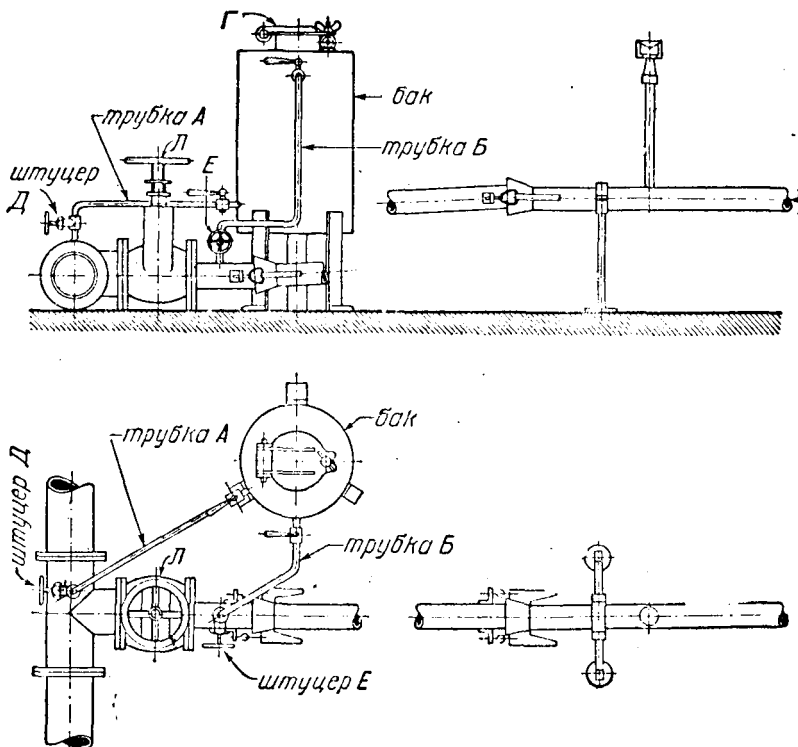


Рис. 120. Схема прибора инж. Соколова для внесения удобрений с водой при дождевании.

Недостаток того или другого повлечет за собой снижение урожайности. В последнее время это положение постоянно подтверждается практикой стахановцев, вносящих подкормки в жидком виде.

Дождевание позволяет вносить удобрение с водой в нужные сроки и в нужном количестве. С водой можно вносить как легкорастворимые туки (например, селитру, сернокислый аммоний, калийные соли), так и туки, содержащие в себе нерастворимую часть (например, суперфосфат). Особенно целесообразно вносить таким способом так называемые микроудобрения — бор, магний и пр. Помимо полезности данного спо-

способа внесения удобрений для растений, он является способом, механизмирующим подкормки и повышающим производительность труда во много раз.

Самый процесс внесения удобрений с водой при дождевании сводится к следующим операциям.

Удобрения подвозятся к насосной станции, где установлен чан. Нужное количество удобрений загружается в чан, чан наполняется водой и содержимое чана размешивается, после чего через дополнительный всасывающий шланг раствор удобрений засасывается насосом, подающим воду для орошения.

В чан загружается то количество удобрений, которое необходимо внести на площадь, одновременно поливаемую дождевальной установкой (например, у КДУ площадь эта равна $1\ 000\ \text{м}^2$ или $1200\ \text{м}^2$, у установки ВНИИГим — $2\ 500 \times 2 = 5\ 000\ \text{м}^2$). Раствор удобрений вносится на поливаемую площадь в течение первых нескольких минут, а затем полив заканчивается водой без удобрений, что позволяет смыть остатки удобрений с листовой поверхности. Впрочем оказать вредное действие на листья растений раствор удобрений не может, так как получаются очень низкие концентрации.

Помимо описанного, имеется еще один способ внесения удобрений, предложенный инженером Соколовым (рис. 126). Этот способ позволяет вводить раствор удобрений в напорный трубопровод не через насос, как это описано выше, а с помощью специального герметического бака, который может быть присоединен к напорному трубопроводу в соответствующем месте. Бак имеет две трубки — подводящую *А* и отводящую *Б*. Через крышку *Г* в бак загружаются удобрения. К специально устроенным штуцерам — первому (*Д*), расположенному перед задвижкой *Л*, присоединяется подводящая труба *А*, и ко второму (*Е*), расположенному после задвижки, — отводящая трубка *Б*. Если задвижку *Л* несколько прикрыть, то создается разность давления в трубопроводе у точек *Д* и *Е*. Если открыть краны в точках *Д* и *Е*, то вода из трубопровода через *Д* устремится в бак и, растворяя удобрения, снова поступит через *Е* в трубопровод, после чего вместе со всей водой будет вылита на поле.

Такой способ внесения удобрений удобен на системах, где имеется большая длина трубопровода от насоса до места полива.

ГЛАВА XII

ОРОСИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ В УСЛОВИЯХ РИСОВОГО ХОЗЯЙСТВА

§ 75. Водный режим культуры риса и его значение

В настоящее время в практике рисосеяния общепринятым является режим непрерывного затопления в течение всего оросительного периода, т. е. от посева до восковой спелости. Режим прерывистых поливов или периодического затопления еще недостаточно изучен и широкого практического применения не имеет.

При режиме непрерывного затопления различают: 1) период первоначального затопления риса и 2) период поддержания слоя воды на полях. Для расчета сети в период первоначального затопления существенно важными являются два вопроса: 1) срок и продолжительность этого периода и 2) глубина слоя первоначального затопления.

В отношении срока первоначального затопления в практике рисосеяния известны три основных приема: 1) затопление непосредственно

после посева глубоким слоем; 2) затопление глубоким слоем, но с отодвиганием срока первоначального затопления на 10—20—30 дней и 3) затопление возрастающим слоем по мере роста риса (корейский способ).

С точки зрения борьбы с сорной растительностью и вообще по влиянию на урожай преимущество имеет первый прием — затопление слоем 15—20 см непосредственно после посева.

По данным Дальневосточной опытной рисовой станции, преимущество этого приема в борьбе с сорняками, иллюстрируется следующими цифрами:

Влияние срока первоначального затопления на развитие сорняка-просянки (по данным Дальневосточной опытной рисовой станции)¹

Сроки первоначального затопления	Количество просянки на 1 м ²			
	1932 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.
На 8-й день после посева	8,7	18,4	16,8	3,4
» 15-й » » »	73,3	—	33,5	—
» 20-й » » »	—	195,0	—	284,0
» 25-й » » »	—	195,0	176,4	—
» 45-й » » »	312,0	300,0	—	503,0

Уменьшение количества сорняков объясняется на станции тем, что слой воды препятствует прорастанию семян и выходу всходов просянки на поверхность воды.

Положительное влияние на уменьшение сорняков оказывает не только срок, но и глубина первоначального затопления.

Опыты Дальневосточной рисовой станции за 1932—1936 гг. показывают такую зависимость засоренности риса от глубины слоя первоначального затопления:

Влияние глубины слоя первоначального затопления на сорную растительность (по данным Дальневосточной опытной рисовой станции)

Затопление не позднее 8 дней после посева слоем воды в сантиметрах	Общее количество сорняков на 1 м ² перед первой прополкой				То же при затоплении по мере развития риса (1932 г.)
	1932 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	
0	482,0	320,9	471,3	955,6	—
5	231,9	318,9	420,0	354,0	508
10	150,9	93,2	19,5	147,1	418
15	59,7	43,0	8,6	94,2	428
20	33,0	37,2	4,6	60,0	274
30	5,0	17,2	6,2	18,0	201

Рекомендуемый станцией водный режим при надлежащей агротехнике (удобрения, чистые поля и пр.) обеспечивает высокий урожай риса, как это видно из опытов станции за 1936 г.

¹ А. Г. Воложенин, А. Г. Есипов, А. А. Мусатов, Г. И. Подойницын. Агротехника риса, стр. 61. Дальгиз, Хабаровск, 1938 г.

Влияние глубины и способа первоначального затопления на урожайность риса (по данным Дальневосточной опытной рисовой станции)

Глубина и способ первоначального затопления	Урожай зерна (в центнерах с 1 га)	
	с одной прополки	без прополки
Без затопления	—	2,6
Затопление после посева, слой 5 см.	41,6	36,6
То же » » » 10 »	46,8	42,6
То же » » » 15 »	49,2	48,6
То же » » » 20 »	46,1	—
Затопление по мере роста риса	33,1	10,3

Наивыгоднейший срок первоначального затопления определяет и расчетную продолжительность этого периода в 7—8 суток, т. е. весь массив должен быть затоплен не позднее 7—8 суток после посева.

Продолжительность периода первоначального затопления в 7—8 суток после посева обосновывается совокупностью условий произрастания риса и сорняков, ботанического состава преобладающей сорной растительности и их биологических свойств.

За период поддержания слоя опытными учреждениями рекомендуется глубина затопления в 10—15 см; после колошения глубину слоя можно понижать до 5 см.

В период от посева до колошения, как отмечается Дальневосточной опытной станцией, в основном заканчивается прорастание семян сорняков. Для условий Северного Кавказа, по данным экспедиции ВНИИГиМ 1931 г. и по более поздним опытным данным Центральной рисовой станции, наибольший урожай получен при глубине поддерживаемого слоя в 8—15 см. Многолетние данные американской практики определяют оптимальную глубину затопления в 10—20 см.

При режиме периодического затопления или прерывистых поливов, когда определенные периоды затопления чередуются с периодами роста культуры без поливов (например, 5—10 дней затопления и 5—10 дней без полива и т. д.), или дается определенное число поливов, рассчитанное на поддержание высокой влажности почвы (80—90% объемной влажности), также доказана возможность получения высоких урожаев риса при значительном снижении оросительной нормы (в 5—7 раз). Однако сложность борьбы с сорняками при существующей агротехнике пока тормозила внедрение в практику этих способов орошения.

Работами опытных учреждений за последние годы намечаются возможности внедрения в практику культуры риса при режиме прерывистого затопления и периодических поливов. Разработка идет по линии дифференцированных водных режимов в разные периоды развития культуры. Так, например, возможны периодические поливы в начальный период, непрерывное затопление от всходов риса до полного уничтожения всходов сорняков с дальнейшим уменьшением или увеличением слоя непрерывного затопления или прерывистое затопление в соответствии с требованиями культуры в тот или иной период ее развития.

Например, Центральная опытная рисовая станция на основании своих последних работ (агроном М. В. Бородин) рекомендует следующий водный режим:

Ф а з ы р а з в и т и я р и с а	Глубина затопления (в сантиметрах)
Посев	3— 5
Всходы	12—15
Кущение	3— 5
От выхода в трубку до восковой спелости	12—15
Восковая спелость	0

Методика и техника расчета должны предусматривать все эти виды водного режима. Здесь излагается методика расчета для случаев непрерывного и прерывистого затопления; методика расчета для периодических поливов, общая для риса и периодически орошаемых культур, излагается в других главах справочника.

§ 76. Расчет оросительной нормы при режиме непрерывного затопления

В расчете оросительной нормы риса при непрерывном затоплении необходимо учитывать как производительные затраты воды, так и неизбежные потери.

Оросительную норму-брутто принято рассчитывать, исходя из водного баланса рисового орошаемого массива.

1. Период первоначального затопления

Составными элементами баланса за этот период являются:

Приходная часть:

W_1 — наличный запас влаги в почве в кубических метрах на гектар на глубине H_1 (в метрах);

M_1 — норма подачи воды на поля в кубических метрах на гектар;

P_1 — осадки в миллиметрах.

Расходная часть:

m_1 — норма в кубических метрах на гектар на насыщение почвогрунта на глубину H_1 до предела полной влагоемкости;

h_1 — норма в кубических метрах на гектар на создание слоя;

E_1 — потери в кубических метрах на гектар на испарение влаги затопляемым массивом;

F_1 — потери в кубических метрах на гектар на фильтрацию через периметрические валики;

S_1 — потери в кубических метрах на гектар на боковую фильтрацию (промачивание) почвы пограничной неорошаемой территории.

При коротком периоде первоначального затопления в 7—8 суток возможно в расчете пренебречь: 1) осадками P_1 , так как практически, по метеорологическим данным за прошлые годы, их учесть за такой отрезок времени затруднительно; 2) потерями на испарение, так как в ранний период они составляют второстепенную величину; 3) потерями на фильтрацию в пограничные неорошаемые территории (при почвах, не обладающих выраженной боковой водопроводимостью); 4) фильтрацией через валики, если они имеют достаточные размеры, прочность и противofильтрационные качества.

Однако в практике могут быть случаи, когда горизонтальная водопроницаемость почвы столь значительна, что отток в пограничные территории приобретает преобладающее значение в норме первоначального затопления. Это имело, например, место на Приазовской плавневой станции (Демин Ерик), в Черкесском рисосовхозе и др. В случаях с сильно выраженной вертикальной фильтрацией и близких грунтовых водах (1,5—3 м) в пределах расчетного периода первоначального затопления (7—8 суток) может начаться отток фильтрационных вод с наличным грунтовым потоком. Например, в Илякском рисосовхозе, где грунтовой поток проходит в галечнике на 1,5—3 м от поверхности, смыкание поверхностных вод с грунтовыми имело место уже на 2-й—3-й день и в остальные дни уже имел место отток фильтрационных вод вместе с грунтовым потоком.

Из этих примеров следует, что принятие или непринятие в расчет той или иной расходной статьи за период первоначального затопления должно решаться в зависимости от конкретных почвенно-гидрогеологических условий массива. Для случаев, аналогичных вышеупомянутым, приемы расчета потерь на фильтрацию вглубь и на боковой отток те же, что и для поддержания слоя (они излагаются ниже).

При расчете нормы на насыщение почвы на глубину H_1 существенным является определение самой глубины почвы, на которую произойдет промачивание за расчетный период первоначального затопления.

По А. Н. Костякову, норма насыщения почво-грунта на глубину H_1 и самая величина H_1 могут быть определены из следующих уравнений:

$$m_1 = 100 \cdot \sigma \cdot t_1 \quad (1)$$

$$m_1 = 100 \cdot H_1 \cdot A (\beta_{max} - \beta_0), \quad (1')$$

где m_1 — норма (в кубических метрах на гектар) на насыщение почвогрунта на глубину H_1 ;

σ — средняя скорость впитывания (в метрах) за период t_1 ;

t_1 — период первоначального затопления (в сутках);

A — скважность почвы (в процентах от объема почвы);

β_0 — начальная средняя влажность почвы в объемных процентах;

β_{max} — максимальное насыщение почвы на глубине H_1 .

Приравнявая выражение (1) и (1'), получим выражение для H_1 :

$$H_1 = \frac{\sigma \cdot t_1}{A (\beta_{max} - \beta_0)}. \quad (1'')$$

Величина σ должна быть определена экспериментально.

Для предварительных приближенных расчетов могут быть использованы средние коэффициенты впитывания k , даваемые в справочниках*. При оперировании с величинами k выражение (1'') должно быть преобразовано. В самом деле, скорость впитывания выражается, как коэффициент впитывания, умноженный на гидравлический градиент:

$$\sigma = k_{cp} \cdot J_{cp}. \quad (1''')$$

Подставляя вместо σ его выражения из (1'''), будем иметь:

$$H_1 = \frac{k_{cp} \cdot J_{cp} \cdot t_1}{A (\beta_{max} - \beta_0)}. \quad (1''')$$

* См. «Справочник по гидротехнике и мелиорации», тт. I и II.

Но для определения гидравлического градиента J в свою очередь необходимо знание глубины промачивания H_1 , ибо $J = \frac{h + H_1}{H_1}$, где h — глубина слоя на поверхности затопляемой деланки, а H_1 — глубина промачивания. При изменении глубины промачивания почвы за период t_1 от 0 до H_1 средней глубиной будет $\frac{H_1}{2}$, а средняя величина гидравлического градиента получает выражение:

$$J_{cp} = \frac{h + 0,5 H_1}{0,5 H_1}. \quad (1^{IV})$$

Подставляя J_{cp} из (1^{IV}) в выражение (1^{''}), получим:

$$H_1 = \frac{k_{cp} \frac{h + 0,5 H_1}{0,5 H_1} t_1}{A (\beta_{max} - \beta_0)} = \frac{k_{cp} (h + 0,5 H_1) \cdot t_1}{0,5 H_1 \cdot A (\beta_{max} - \beta_0)}. \quad (1_2'')$$

При h в пределах от 0,10 до 0,15 м и H_1 в пределах 2—3 м величина J близка к единице (при $h = 0,10$ м будем иметь, при $H_1 = 1$ м $J_1 = 1,10$; при $H_1 = 2$ м $J_2 = 1,05$; при $H_1 = 3$ м $J_3 = 1,033$ и т. д.). Поэтому в первом приближении величину J_{cp} можно принять равной единице и тогда σ будет равна k_{cp} ; определив таким образом H_1 по (1^{''}), по выражению (1^{IV}) определяем величину J_{cp} и, подставляя ее в (1^{''}), уточняем величину H_1 .

После определения H_1 норма на насыщение почво-грунта m_1 определяется из выражения (1') или (2) при выражении влажности в весовых процентах:

$$m_1 = 100 \cdot H_1 \cdot A (1 - \alpha r_0), \quad (2)$$

где A — общая скважность почвы на глубине H_1 ;

α — кажущийся удельный вес почвы;

r_0 — начальная влажность почвы в слое H_1 в весовых процентах.

Норма первоначального затопления определится из выражения (3):

$$M_1 = m_1 + m_2 = 100 \cdot H_1 \cdot A (1 - \alpha r_0) + 100h \text{ м}^3/\text{га}, \quad (3)$$

где $m_2 = 100h$ — норма на создание слоя в кубических метрах на гектар;

h — глубина слоя в сантиметрах.

2. Период поддержания слоя

Составными элементами водного баланса за период поддержания слоя являются:

В приходной части:

M_2 — норма подачи воды на поля в кубических метрах на гектар;

P_2 — осадки (в миллиметрах).

В расходной части:

m_3 — объем воды (в кубических метрах на гектар) на насыщение почво-грунта на глубину промачивания за период поддержания слоя или на фильтрацию в грунтовые воды;

E_2 — потери на испарение в кубических метрах на гектар;

τ — потери на транспирацию в кубических м.трах на гектар;

F_2 — потери на фильтрацию через периметрические валики в кубических метрах на гектар;

S_2 — потери на отток в пограничные территории в кубических метрах на гектар;

D — добавочные расходы воды (в кубических метрах на гектар) на полях, связанные с почвенно-мелиоративными, метеорологическими и агрофизиологическими условиями (освежение воды непрерывной проточностью или периодическими сбросами слоя и заменой его свежим и т. д.).

А. Фильтрация

Для определения фильтрации рисового массива вглубь и в бока за период поддержания слоя всякой проектировке должны предшествовать полевые исследования для экспериментального определения цифровых значений фильтрации. Ниже приводятся схемы расчета для различных почвенно-гидрогеологических условий в виде таких типовых случаев.

I. До орошения грунтовые воды залегают глубоко:

1а. Строение толщи почво-грунта более или менее однородное, и ясно выраженные водоупорные прослойки отсутствуют.

1б. Строение толщи почво-грунта неоднородное, и водоупорные прослойки имеются.

II. Грунтовые воды до орошения залегают близко:

IIа. Грунтовый поток свободный.

IIб. Грунтовый поток напорный.

Случай 1а. Продвижение воды вглубь будет происходить аналогично периоду первоначального затопления, следовательно, и прием расчета будет таким же: определяется глубина возможного промачивания почво-грунта за период поддержания слоя H_2 и объем воды на насыщение этой толщи определится по формуле (1') или (2) (стр. 242 и 243).

Случай 1б. Дойдя до водоупорного слоя, продвижение воды вглубь приостанавливается или практически будет настолько незначительным, что им можно пренебречь. С этого момента в данном случае будет иметь место лишь растекание воды из насыщенной толщи в бока.

Определение m_3 производится по формуле (1') или (2); величина H_2 принимается равной глубине залегания водоупорной прослойки H_b минус глубина промоченного слоя за период первоначального затопления H_1 , т. е.

$$H_2 = H_b - H_1. \quad (4)$$

Случай IIа. Фильтрационные воды за период первоначального затопления t_1 сомкнутся с начальными грунтовыми водами; с этого момента будет иметь место фильтрация через насыщенную водой толщу почво-грунта по закону Дарси при постоянном коэффициенте фильтрации K_D .

Указанное явление в таком виде может осуществиться лишь в том случае, если условия оттока фильтрационных вод полностью обеспечены естественной или искусственной дренированностью массива. Если этих условий нет, то величина вертикальной фильтрации будет ограничиваться размером оттока грунтовых вод при новых создавшихся условиях и расход фильтрационных вод, рассчитанных по K_D , будет преувеличенным.

Если K_D выразить в сантиметрах за сутки, то величина m_3 может быть определена из выражения (5):

$$m_3 = 100K_D \cdot t_2 \text{ м}^3/\text{га}, \quad (5)$$

где t_2 — период поддержания слоя в сутках.

Случай IIб. При напорном начальном грунтовым потоке, движущемся под водоупорной крышей, явление вертикальной фильтрации будет аналогичным случаю 1б и может быть подсчитано по выражению (4) и (1') или (2).

Б. Боковой отток

Отток в бока для рассмотренных случаев представляется в следующем виде.

Случаи Ia и IIa. Если почво-грунты не имеют сильно выраженной трещиноватости, то при фильтрации воды в глубокие слои почво-грунта или в грунтовые воды потери в бока будут определяться капиллярным движением и по размеру будут незначительны, так что ими в расчете можно пренебречь. При сильно выраженной горизонтальной водопроницаемости насыщенной толщи почво-грунта потери в бока могут быть значительными, и их размер должен быть определен полевыми исследованиями при изысканиях.

При обычных почво-грунтах полевые исследования по водопроницаемости показывают, что при вертикальном промачивании почвы на 1 м промачивание в бока распространяется до 10—20 см, а степень насыщения почвы в зоне бокового промачивания не превышает предельной полевой влагоемкости. В этом случае потери воды на боковое промачивание

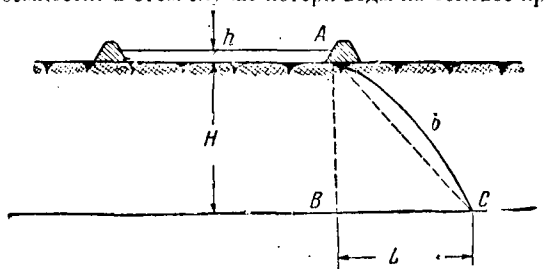


Рис. 127.

почвы могут быть подсчитаны как разность начальной и установившейся влажности в пределах контуров промачивания из выражения (6) по рис. 127, где для упрощения расчета кривая $A b C$ заменена (приближенно) прямой AC .

Величина L определяется опытным путем.

Зона промачивания будет определена площадью треугольника $ABC = \frac{1}{2} AB \cdot BC = 0,5 H \cdot L$;
тогда

$$S_2 = 0,5 H \cdot L \cdot 100 \Lambda (\beta'_{max} - \beta'_0) l_1, \quad (6)$$

где Λ — скважность почвы в объемных процентах;

β'_{max} — предельная влагоемкость почвы в промоченной зоне в процентах к объему;

β'_0 — начальная влажность почвы в объемных процентах;

l_1 — длина периметра массива на 1 га площади.

Случаи Ib и IIб. По достижении фильтрационных вод водоупорного горизонта отток в бока будет происходить при переменном уклоне (J) растекающегося потока (рис. 128), т. е.

$$J_1 \cong \frac{H}{L_1}; \quad J_2 \cong \frac{H}{L_2}; \quad J_3 \cong \frac{H}{L_3} \dots \text{и т. д.}, \quad (6a)$$

что соответствует отрезкам времени T_1, T_2, T_3 — от момента дождения фильтрационных вод до водоупорного слоя;

L_1, L_2, L_3 — длина распространения депрессионной линии для моментов T_1, T_2, T_3 и т. д.

Живое сечение растекающегося потока (f), отнесенное к 1 га площади будет определяться величиной H и длиной периметра рисового массива на 1 га площади l_1 , т. е.:

$$f = H \frac{L}{\Omega} = H l_1, \quad (7)$$

где L — длина периметра рисового массива;

Ω — площадь рисового массива.

Тогда для каждого отрезка времени T_n величина бокового оттока S_n на 1 га площади может быть определена из выражения (8):

$$S_n = K \cdot H \frac{L}{\Omega} \cdot \frac{H}{L_n} T_n = K H \cdot l_1 J_n \cdot T_n = K \frac{H^2}{L_n} l_1 T_n \quad (8)$$

где K — коэффициент фильтрации в насыщенном почво-грунте глубиной H .

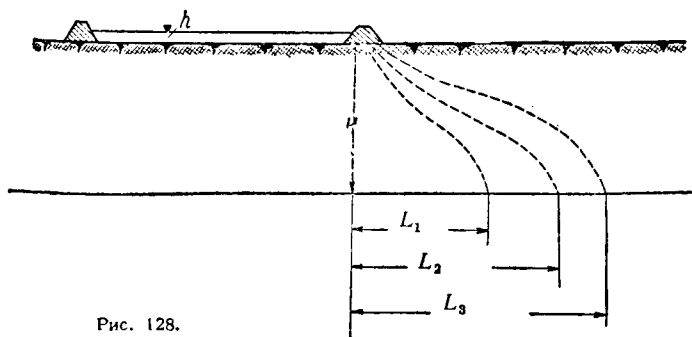


Рис. 128.

Величины L_1, L_2, L_3 и т. д. могут быть определены экспериментальным путем.

Общая величина бокового оттока S_2 за период поддержания слоя t_2 должна определяться суммированием этих величин за отдельные промежутки времени (через пятидневку, декаду), т. е.

$$S_2 = \Sigma s = s_1 + s_2 + s_3 + \dots + s_n. \quad (9)$$

В. Потери на испарение и транспирацию

Если испарение E_2 и транспирацию τ выразить в миллиметрах за сутки, то эти два вида потерь за период поддержания слоя выразятся величиной:

$$(E_2 + \tau) \cdot 10 \cdot t_2 \text{ м}^3/\text{га}. \quad (9a)$$

Цифровые значения испарения со свободной водной поверхности и суточной транспирации риса, полученные в разных районах, приведены в следующих таблицах (см. табл. на стр. 247).

Что касается данных о транспирационном коэффициенте риса, то они крайне пестры и зависят от многих условий (главным образом климатических).

Дальневосточная рисовая станция в 1936 г. нашла, что транспирационный коэффициент риса не превышает такового для овса.

Испарение со свободной водной поверхности в районах рисосеяния (в миллиметрах за сутки)

Пункты наблюдений	Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Среднее за сутки
	Д е к а д ы												
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Илякский рисосовхоз, Таджикистан *	—	—	—	—	—	5,3	5,1	4,8	3,7	1,65	1,91	0,8	3,32
Самаркандская опытная рисовая станция, Зеравшан	8,92	8,0	6,54	5,41	4,07	3,19	3,31	2,41	2,78	1,84	—	—	4,65
Сангахезская опытная станция **	6,2	3,8	5,9	5,7	7,1	3,9	2,6	2,1	2,0	1,3	—	—	3,6
Черкесский рисосовхоз, Кубань ***	—	—	—	—	9,1	10,4	6,1	7,1	7,2	5,7	4,5	3,2	6,7
Каратальский рисосовхоз **** КазССР	7,5	6,8	5,7	6,8	5,2	4,0	5,2	2,7	2,2	2,0	—	—	4,8
Украинская ССР *****	6,5	3,4	6,7	6,0	6,0	6,1	5,3	5,8	4,3	3,2	—	—	5,3

* По показаниям водонепроницаемой бетонной делянки площадью 50 м².

** По вегетационным сосудам-испарителям.

*** Пловучий испаритель Любославского.

**** Одногодичные данные опытного пункта за 1929 г.

***** Среднее по наблюдениям Украинской рисовой опытной станции за 1935 г. и Вознесенского опытно-мелиоративного пункта за 1934—1935 гг. (А. Г. Гойхман, Поливной режим культуры риса в условиях УССР, рукопись).

Транспирация риса (в миллиметрах за сутки)

Пункты наблюдений	Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Среднее	Год на-блюдения
	Д е к а д ы													
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Каратальский рисосовхоз	1,4	4,0	4,5	5,9	6,4	5,1	2,6	2,2	2,0	3,5	—	—	3,7	1929
Приморская опытная станция (Дальний Восток)	—	—	—	0,3	0,7	0,5	1,8	2,6	2,1	2,2	—	—	1,7	1928
Сангахезская (Дальний Восток)	—	—	—	—	0,2	0,4	0,83	1,9	2,6	1,7	2,0	—	1,29	1928
Самаркандская опытная рисовая станция	—	0,04	0,5	1,2	2,5	3,5	3,3	3,9	3,6	2,6	1,0	—	2,2	1925
Украинская ССР	0,4	—	0,3	—	0,6	1,9	2,9	4,4	4,6	3,0	—	—	1,8	1934—1935

При влажности почвы в 100% для орошаемого риса Хоккайдо транспирационный коэффициент был равен 303,2 (для сухой массы всего растения), а для овса — 372,5.

Другие авторы дают транспирационные коэффициенты для риса более высокие. Например, работавший над этим вопросом в Индии Литсер нашел, что у риса цифра эта колеблется от 800 до 1106. Бригс и Шанц, работая в Колорадо, получили средние цифры 519 в 1912 г. и 744—в 1913 г. *

Г. Потери через периметрические валики

При надлежащих размерах и строительных качествах валика, при спланированной площади эти потери могут быть сведены к минимуму. При недостаточных размерах валика и неровном естественном рельефе имеют место не только фильтрация через валики, но и значительные утечки через прорывы, понижения и т. д. Эти потери в виде «неорганизованного сброса» могут достигать весьма значительных размеров, до 30—40% от подачи, но их надо избегать.

Следовательно, вопрос о величине этих потерь и принятии или непринятии их в расчет целиком связан с качеством мелкой поливной сети (валики).

Д. Дополнительные подачи воды на поля D

При некоторых климатических и почвенно-мелиоративных условиях ~~максима~~ применяется дополнительная подача воды на поля для освежения слоя в виде непрерывной проточности или периодических сбросов слоя и замены его свежим. Среди специалистов рисового дела по этому вопросу нет единого мнения. Поэтому в каждом конкретном случае необходимость и количественное выражение дополнительных подач должны обосновываться в проекте. Величина D обычно выражается в процентах от подачи.

Суммарное потребление воды рисовым полем за период поддержания слоя M_2 выразится так:

$$M_2 = m_3 + S_2 + 10(E_2 + \tau) t_2 + F_2 + D - 10P_2 \text{ м}^3/\text{га}, \quad (10)$$

где P_2 — осадки в миллиметрах за период;

t_2 — период поддержания слоя в сутках.

§ 77. Расчет нормы при режиме прерывистого затопления

Здесь мыслимы два случая: 1) за период прекращения полива слой затопления исчезает; 2) слой затопления не исчезает, а лишь уменьшается до какой-то минимальной величины.

Первый случай. Исчезновение слоя возможно либо путем сброса воды с полей, либо путем впитывания, если длительность перебива в затоплении достаточна для этого.

С момента исчезновения слоя начинается понижение горизонта стояния почвенной воды. Расчет нормы очередного затопления будет аналогичным таковому для первоначального затопления с постановкой других величин H и β_0 или r_0 (где H — глубина понижения почвенной

* Г. Г. Гу щ и н. Рис, стр. 160—161. СХГ, 1930 г.; Е. Г. Е с и п о в. Водный режим культуры риса. Дальгиз, Хабаровск, 1936 г., стр. 12.

воды за период перерыва в затоплении; β_0 и r_0 — влажность почвы в слое перед последующим затоплением в объемных или весовых процентах).

Второй случай. Слой за период перерыва не исчезает. В этом случае норма затопления должна быть рассчитана на восстановление слоя нужной величины. Если требуемая глубина затопления равна h м, глубина слоя перед последующим затоплением равна h_1 м, то норма затопления будет равна:

$$m = (h - h_1) \cdot 10 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га.} \quad (11)$$

По нашим наблюдениям, с слой 10—15 см в Илякском рисовом совхозе исчезал через 2—2½ суток; для Черкесского рисового совхоза суммарное поглощение воды рисовым полем колебалось около 1—2 см слоя воды за сутки.

§ 78. Гидро модуль

Исчисление расчетного гидро модуля производится по общезвестной формуле:

$$q = \frac{M}{T_1 \cdot 86,4} \text{ л/сек. на } 1 \text{ га,} \quad (12)$$

где M — расчетная норма затопления в кубометрах на гектар;

T_1 — период затопления массива в сутках.

Ежесуточная норма потребления воды рисовым полем за период поддержания слоя не сказывается непосредственно на расчетном сечении каналов, поскольку таковое определяется ординатой графика за период первоначального затопления. При введении севооборота с поливными сопутствующими культурами поливные и оросительные нормы и поливные периоды для них проектируются как обычные периодические поливы, а график гидро модуля должен укомплектовываться. Желательно при этом, чтобы ординаты сопутствующих культур не накладывались на максимальную ординату риса.

В таблице, даваемой в конце этой главы, приводятся фактические значения оросительных норм и гидро модуля для ряда рисовых систем (см. стр. 257).

§ 79. Расположение и конструкция сети в связи с механизацией

В отношении расчета рисовой сети необходимо отметить две особенности, отличающие ее от всех систем периодически орошаемых культур: горизонты командования и потери. Ввиду необходимости поддержания постоянного слоя затопления на полях около 15—30 см и считаясь с неблагоприятными условиями естественного неспланированного рельефа, проектной практикой установлено, что горизонт командования картового оросителя должен быть не менее 25—30 см.

Что же касается потерь, то для рисовых систем таковые принимаются в расчет только для холостых частей проводящей сети. Потери для регулирующей сети в расчет не принимаются, так как количественное отличие потерь полем с глубиной заполнения 15—30 см и потерь регулирующей сетью незначительно.

Непосредственными элементами орошаемого рисового поля являются:

- 1) карта,
- 2) чек,
- 3) валик,

1. Карта

Размер и форма карты определяются: 1) оптимальными условиями работы на ней машин, 2) требованиями культуры к нормальному водному режиму и 3) экономичностью затрат.

Ширина карты. В проектировочной практике установлено соотношение между длиной и шириной карты, как 5 : 1 или 4 : 1, что дает длину около 1 км и ширину 150—200 м.

Предел уширению карты кладется следующими двумя основными соображениями: 1) увеличением размера оросителя, что делает его неудобным в эксплуатации, и 2) затруднением в создании необходимого водного режима на карте при неблагоприятных рельефах.

На основании изучения этого вопроса можно предложить следующие размеры карты по ширине:

Характер рельефа	Допустимая ширина карты (в метрах)
Неблагоприятный	до 150
Средний	150—200
Ровный при однородном уклоне . .	250—400

Эти цифры имеют в виду одностороннее командование оросителя при культуре риса.

Введение севооборота в рисовом хозяйстве в некоторых случаях может потребовать уменьшения этих размеров. Здесь имеется в виду тот случай, когда сопутствующей культурой в севообороте является поливная культура.

Наиболее важными элементами, требующими приспособления к рису и сопутствующим культурам, будут техника полива и ширина карты.

Значительные размеры рисовой карты по ширине оказываются возможными потому, что ширина не влияет на норму затопления. Если для сопутствующих культур оставить тот же способ полива затоплением с последовательным перепуском воды из чека в чек, но уже не в виде непрерывного затопления, а в виде периодических поливов, то при ширине карты в 300—400 м мы неизбежно получим большие поливные нормы и значительную неравномерность увлажнения в первом и последнем чеках цепочки. В результате культура будет поставлена в явно невыгодные условия, что скажется на урожае. Следовательно, технику полива надо приспособлять к периодическим поливам с оптимальными поливными нормами для сопутствующих культур. Для этого необходимо проведение внутрикартовой поливной сети (поливных канав) поперек карты.

Длина карты. Эффективность работы машин увеличивается с удлинением гона, т. е. с увеличением длины карты, хотя прямолинейной зависимости здесь нет.

Длина гона в 1—1,5 км в условиях рисового хозяйства вполне достаточна с точки зрения целесообразного использования машин.

С длиной карты связана длина оросителя (а также и площадь карты). Удлинение оросителя вызывает следующие отрицательные последствия:

- 1) увеличивается расход и живое сечение оросителя;
- 2) при неблагоприятном рельефе повышается вероятность прохождения его трассы со значительным заглублением, что понижает его командную способность, или же потребует дополнительной подсыпки дамб на всем его протяжении;

3) разрезается сеть дорог, что затрудняет транспортирование урожая по полям при недостаточной сплошь и рядом просушенности почвы. Поэтому можно принять следующие размеры карты по длине для разных рельефов.

Характер рельефа	Длина карты (оросителя)
Неблагоприятный	до 600—700 м
Средний	» 1 км
Благоприятный	» 1,5 км

Форма карты. Желательная форма карты — прямоугольная.

В условиях рисового хозяйства искривление конфигурации карты сугубо нежелательно, так как частые повороты уборочных машин, особенно комбайнов, при недостаточно просохшей почве сильно затрудняют работу машин, вызывая повреждения и частые простои. Поэтому при неблагоприятном рельефе приходится идти на уменьшение карт во избежание искривления их конфигурации.

Расположение карты (оросителя) в плане. В расположении карты (оросителя) относительно горизонталей местности возможны три варианта:

1) расположение длиной поперек горизонталей (по наибольшему уклону);

2) под углом к горизонталям;

3) по горизонталям (по наименьшему уклону).

Первый вариант — трассирование оросителя по наибольшему уклону местности. Положительные стороны: а) минимальное живое сечение оросителя, б) возможны скорости больше критических на заилиение.

Отрицательные стороны: а) минимальный размер чека в направлении длинного гона карты, а значит, и гона машин, сгущенность сети поперечных валиков, что затрудняет механизацию с.-х. работ; б) при значительных планировках — образование уступов (террас), что делает проход с.-х. машин по длинным гонам затруднительным или невозможным, понижает их производительность; в) возможны размывающие скорости в оросителе, для предупреждения которых приходится затрачивать средства на перепады и быстротки.

Недочеты значительно превышают положительные стороны, поэтому этот вариант является неудовлетворительным.

Второй вариант — трассирование оросителя под углом к горизонталям. Как предел надо рассматривать направление оросителя под углом 45% к горизонталям.

Положительные стороны — возможно соблюдение условий неразмываемости и незаиляемости русла оросителя.

Отрицательные стороны: а) примерно квадратная форма чека и невозможность разредить сеть валиков, идущих нормально гону машины; б) при значительных средних уклонах и значительных планировках — образование уступов (террас) в каждом чеке в обоих направлениях; и по длине карты и по ширине. В этом случае работа с.-х. машин и орудий становится еще более затруднительной или невозможной.

Этот вариант следует признать совершенно непригодным для условий рисовых хозяйств.

Третий вариант — направление оросителя по минимальному уклону местности. Достоинства этого варианта: а) разрежение сети поперечных валиков, что создает более благоприятные условия прохода машин;

б) при значительных планировках не приводит к образованию уступов в направлении длинного гона; в) удлиняя размер чека в направлении оросителя, можно разредить места водовыпусков из оросителя в чеки, что уменьшает капитальные затраты на арматуру и повышает прочность дамб оросителя.

Отрицательные стороны: а) минимальные скорости и возможное заиливание оросителя при отсутствии отстойного сооружения; б) увеличение ширины оросителя по дну.

Для условий рисового хозяйства третий вариант является наиболее благоприятным.

2. Чек

Размер. Чем больше чек, в особенности чем больше его длина, тем реже сеть валиков, тем удобнее работа машин, тем меньше потери земельной площади. Размеры чека при неблагоприятном рельефе ограничиваются самим рельефом. Если допустимая разность в глубинах затопления

вверху и внизу чека равна Δh , уклон — i , то размер чека определяется из соотношения (рис. 129).

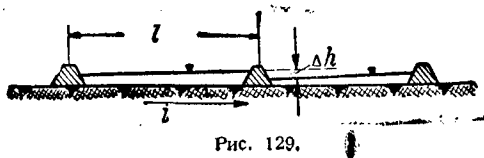


Рис. 129.

$$l = \frac{\Delta h}{i}$$

Величина Δh принимается не больше 10 см. Расстояние между продольными валиками должно быть кратным ширине захвата прицепных с.-х. орудий (сеялки и уборочные машины).

При благоприятных условиях рельефа размеры чека ограничиваются возможностью образования волны и повреждения травостоя и валиков волнобоем. По нашим наблюдениям, размер чека до 500 м в направлении наибольших ветров со скоростями до 3 м в секунду не вызывает в этом отношении опасности. При выполнении планировки размеры чека могут быть значительно увеличены. Но возрастающая кубатура планировки и затраты на перемещение земли (работа) заставляют ограничивать размер чека (около 1—2 га).

Форма чека (система чеккеровки). Практическое значение имеет не столько форма отдельного чека, поскольку он не является замкнутой территорией для работы с.-х. машин и орудий, сколько система чеккеровки рисовых полей в целом. Здесь возможны три варианта:

первый — геометрическая правильная однородная чеккеровка (все чеки равны);

второй — геометрически правильная неоднородная, когда размер чекков определяется по принципу равномерности затопления;

третий — геометрически неправильная неоднородная (трассирование валиков по горизонталям местности).

Первый вариант наиболее прост в проектировке, в трассировании и строительстве. Размер чека назначается на основании среднего уклона местности. Этот вариант является неизбежным при проектировании мельчайшей сети на недостаточно детальном плановом материале.

Его недочеты в том, что он не учитывает характера микрорельефа, поэтому на одних участках приводит к излишней густоте сети валиков, а на других — к недостаточной. В последнем случае либо создается неравномерность в затоплении больше допустимого, либо это приводит к значительному количеству дополнительных валиков, делаемых вручную

по увлажненному или затопленному полю. В результате этот вариант дает наибольшую протяженность валика на гектар площади со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Второй вариант — мельчайшая сеть трассируется с учетом микрорельефа, и расстояние между парой продольных или поперечных валиков определяется в зависимости от уклона, с сохранением постоянной для всех чеков разности в глубинах затопления вверху и внизу каждого чека, т. е. из уравнения $l = \frac{\Delta h}{i}$ (рис. 129).

Преимущества этого варианта перед первым в том, что достигается требуемая культурой равномерность затопления и все валики делаются машинным способом, что значительно дешевле.

Его трудность в том, что он требует детальной высотной съемки, чего изыскания сплошь и рядом не дают. В этом случае вызывается необходимость инструментального определения трассы валиков непосредственно в поле. По удельной протяженности валиков этот вариант занимает промежуточное положение между первым и третьим.

Третий вариант — трассирование валиков применительно к горизонталям местности. Преимущества этого варианта в том, что он дает минимальную протяженность валиков вообще и поперечных, стоящих на пути гопа машин, в особенности. При направлении же оросителя по горизонталям трасса поперечных валиков настолько разрежается, что для прогона машин создаются наиболее благоприятные условия. Равномерность затопления достигается максимальная.

Но существенным недочетом этого метода, помимо необходимости иметь детальный плановый материал и усложнений в самой трассировке, является криволинейное очертание чеков, что значительно снижает эффективность работы с.-х. машин, т. е. вызывает значительное количество холостых пробегов, промежуточных поворотов и т. д.

Для крупного механизированного хозяйства наиболее приемлемым является второй вариант при условии придания поперечному валику достаточной пологости для переезда машин. Изложенное имеет в виду условия естественного непланированного рельефа.

Задача планировки заключается в придании полям такой ровности, чтобы стал возможен первый вариант. Удельные показатели для этих трех схем приведены в таблицах «Сравнительные величины удельной протяженности» и «Сравнительные величины удельных потерь».

Сравнительные величины удельной протяженности мельчайшей сети валиков в зависимости от системы чеккеровки (погонных метров на 1 га площади карты)

Характер рельефа Система чеккеровки	Ровный	Не- ровный	Примечание
	1. Геометрически правильная однородная	302		1 059	Для типичных карг Черкесского совхоза
2. Геометрически правильная неоднородная по признаку постоянства равномерности затопления	193	578	
3. Геометрически неправильная неоднородная (криволинейно, применительно к горизонталям)	137	480	

Сравнительные величины удельных потерь земельной площади под валиками в зависимости от системы чеккеровки (в процентах от площади карты)

Система чеккеровки	Характер рельефа		Примечание
	Ровный	Не-ровный	
1. Геометрически правильная однородная	5	14	Для тех же карт
2. Геометрически правильная неоднородная . . .	4	10	
3. Геометрически неправильная неоднородная . .	2	8	

3. Валик

Поперечный валик в крупном механизированном рисовом хозяйстве является самой крупной помехой в работе с.-х. машин и орудий.

Вначале была общепризнана точка зрения, что поперечный валик должен быть временным, т. е. с ежегодным разрушением его перед уборкой и восстановлением перед затоплением в следующем году. В смысле затрат механического труда на эту работу не встречалось больших затруднений.

Но практика показала, что разрушение валика перед уборкой по травостою

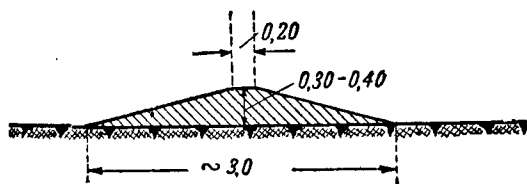


Рис. 130.

созревшего риса вызывает столько неудобств и дополнительных затрат, что временный характер поперечного валика для хозяйства стал мало приемлемым. Эти неудобства следующие: 1) необходимость прокоски риса вручную на самих валиках, если они засеяны, и на полосах около валика для прохода машин; 2) необходимость ручной сноски снопов; 3) для пуска машин после разрушения валиков необходим некоторый срок для просыхания почвы; 4) после этого срока просыхания почвы должна начаться уже самая уборка, а разрушение валиков начинается тормозить и задерживать уборку; 5) ежегодное разрушение и построение валика понижают его водоудержательные свойства.

Если поперечный валик должен быть постоянным, то его профиль должен быть приспособлен к беспрепятственному проезду через него тракторов со всеми прицепными с.-х. орудиями и транспортными тележками, для чего необходимо заложение откосов 1 : 4 (американский валик, рис. 130).

Как элементарное водоудержательное сооружение валик играет решающую роль в поддержании заданного водного режима риса. С этой точки зрения валик должен иметь достаточные размеры, прочность и противифльтрационные свойства. Практика показывает, что при неблагоприятных в данном случае почво-грунтах валик по своим размерам

должен значительно превосходить общепринятые профили продольного валика (высота от 35—40 см до 50—60 см; ширина поверху 30—50 см, заложение откосов около двух).

§ 80. Водооборот

Рассмотрение этого вопроса исходит из того основного положения, что борьба с сорной растительностью должна осуществляться в основном системой профилактических и иных мероприятий: стопроцентная очистка семян, севообороты, весенняя и осенняя обработка почвы, провоцирование роста сорняков (с последующим их уничтожением) и истощение их биологической силы, химические средства борьбы, глубокое затопление. При тщательном проведении профилактических мероприятий ручная полка сведется к минимуму.

Поэтому в проектировке водооборота можно исходить из условия отсутствия промежуточной обработки культуры в период от посева до уборки, т. е. в пределах всего оросительного периода.

Задача, по существу, разрешается календарным согласованием очередности посева отдельных карт и включением оросителей в полив за период первоначального затопления.

Установление водооборота на распределителе (групповом) в рисовом хозяйстве вызывается необходимостью затопления данной карты в наиболее короткий срок для обеспечения равномерного прорастания семян, равномерности протекания всех последующих фаз развития, созревания и уборки.

В пределах хозяйственной целесообразности число тактов водооборота ограничивается двумя-четырьмя.

Двухтактный водооборот на распределителе имеет такие положительные стороны: а) наибольшая простота в практическом осуществлении; б) при двойном расходе по картовому оросителю живое сечение последнего не выходит за пределы размера, удобного в повседневной работе; в) легкость подбора равновеликих площадей в пределах командования распределителя при компактном расположении.

Трехтактный и четырехтактный водообороты более сложны в их практическом осуществлении, и при тройном-четверном расходе по оросителю последний получает слишком крупные размеры с расходом до $0,5 \text{ м}^3$.

Пример 1. Площадь карты: $1\,500 \text{ м} \times 300 \text{ м} = 45 \text{ га}$;

$q = 3 \text{ л/сек. на } 1 \text{ га}$; число тактов водооборота $n = 4$,

тогда расход в голове оросителя

$$Q = 45 \times 3 \times 4 = 540 \text{ л/сек.} = 0,54 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Поэтому с точки зрения гидротехнической и эксплуатационной более выгодным является водооборот с наименьшим числом тактов ($n = 1$). С точки зрения агрономической выгоднее водооборот с наибольшим числом тактов, так как в этом случае затопление одной карты достигается в кратчайший срок.

Увеличение числа тактов водооборота уменьшает необходимое вооружение посевными и уборочными механизмами на единицу площади. С другой стороны, это приводит к значительному увеличению размеров картового оросителя.

Пример 2. Длина оросителя — $1\,000 \text{ м}$, ширина карты — 200 м , площадь карты — 20 га , гидромодуль $q = 6 \text{ л/сек.}$, $i = 0,0001$; заложение откосов $m = 1,5$; глубина наполнения оросителя $h = 0,50 \text{ м}$; при запасе бровок над форсированным горизонтом 10 см строительная

глубина оросителя $H = 0,60$ м. Для разного числа тактов водооборота n будем иметь следующие размеры картового оросителя:

Число тактов	Расход в голове (в кубометрах в секунду)	Средняя скорость (в метрах в секунду)	Ширина по дну (в метрах)	Ширина по верху (в метрах)	Примечание
1	0,076	0,13	0,30	2,10	При $\gamma=1,30$ по новой формуле Базена
2	0,120	0,14	0,90	2,70	
3	0,180	0,15	1,55	3,35	
4	0,240	0,11	2,15	3,95	

С точки зрения капитальных затрат выгодно уширение оросителя по дну, производимое за счет раздвижки дамб и не вызывающее поэтому увеличения земляных работ.

Выбор наиболее выгодного варианта должен быть произведен для каждого конкретного случая сравнительным расчетом.

§ 81. Сбросная сеть в условиях рисосовхоза

Сбросная сеть в условиях рисового хозяйства служит для следующих целей:

1. Для сброса поливных вод с полей (перед уборкой, при прерывистом затоплении и т. д.).

2. Для отвода неорганизованного сброса в пределах оросительного периода, если таковой имеет место ввиду несовершенства системы.

Этим требованиям удовлетворяет мелкая водосборная и сбросная сеть, трассируемая симметрично оросительной сети. Пропускная способность сбросной сети должна быть рассчитана на отвод неорганизованного сброса за оросительный период в пределах 30—40% от подачи. Она должна проверяться на пропуск осеннего сброса при глубине затопления полей к моменту сброса в 5—8 см. Сброс воды с карты должен быть произведен постепенно, в течение 3—5 суток. Период сброса со всего массива должен приниматься несколько укороченным по сравнению с периодом первоначального затопления, так как при благоприятных температурных условиях растения более поздних сроков сева (и затопления) догоняют в своем развитии и созревании растения более ранних сроков, и, таким образом, период сброса укорачивается. При расчете пропускной способности сбросной сети период сброса должен приниматься в пределах 0,60—0,75 от периода первоначального затопления всего массива. Необходимо здесь же отметить, что в целях экономии оросительной нормы и повышения коэффициента полезного действия системы при режиме непрерывного затопления сбросная сеть в пределах оросительного периода должна быть закрыта и должна отводить лишь ту часть стока с полей, которая создала бы переполнение самой сбросной сети и подтопление пониженных территорий поля. При режиме прерывистого затопления или применении проточности работа сбросной сети должна регулироваться в соответствии с потребностью.

§ 82. Планировка полей в условиях рисового хозяйства

Необходимость планировки полей в условиях рисового хозяйства вызывается следующими основными причинами;

а) Культура риса весьма чутко реагирует на неравномерность затопления полей, значительно снижая урожай при неровном рельефе и затоплении.

Фактические гидромодуль, нормы затопления риса (брутто), коэффициент полезного действия систем

Рисовхоз (колхоз)	Район	Коэффициент полезного действия	Год наблюдений	Год действия систем	Гидромодуль-брутто (секунд-долитров на 1 га)	Оросительная норма в среднем (в кубических метрах на 1 га)	Длина оросительного периода (в сутках)	Характеристика почво-грунта
					Средний за оросительный период			
Илякский	Таджикская ССР, Стали-набадский район	(Июль—октябрь)	1930.	1	(За июль—октябрь)	130	113	Аллювиальные, на песчано-галечниково-м основании, залегающем на глубине 1.5—3 м от поверхности; мягкая толща — супеси, суглинки и глины
		0,60 (За август—октябрь) 0,82			7,3 (За август—октябрь) 6,3			
Колхозная, неинженерная система	Самаркандская область, Зеравшанская долина	0,5	1927	—	11,78	107 000	104	Глины, суглинки, пепельносерого цвета, временная избыточная увлажненность; залежание галечника на глубине 2—3 м от поверхности
Сантахеда (левобережн.)	Приморская область	0,49	1928	—	2,80	18 542	94	Тяжелые суглинки, глины Материнская порода — глины
Черкесский	Краснодарская область	0,70	1931	1	(Правая ветвь)	10 300	95	Плавнево-луговые, плавнево-болотные, черноземогидные с признаками заболачивания и без таковых; по механическому составу — суглинки, глины. Материнская порода — глины
					1,20 (Левая ветвь) 1,60				8 294	60
Карагальское опытное поле (площадь 8,7 га)	Казахская ССР	—	1930	1	7,42	60 895	95	Пылевато-песчаные почвы, древней террасы на древнеаллювиальных песчано-галечниковых отложениях. Грунтовые воды приурочены к пескам на глубине около 4 м от поверхности

Удельные показатели по сети рисосовхозов

К а н а л ы	Оросительная сеть									По сколь- ким совхо- зам взяты данные
	Длина сети (в метрах на 1 га)			Количество земляных работ (в кубических метрах на 1 га)			Количество земляных работ (в кубических метрах на 1 км)			
	от	до	среднее	от	до	среднее	от	до	среднее	
1. Магистральный канал	2,4	6,78	3,97	36,7	136,1	95,14	15 222,1	127 029,1	52 865,35	6
2. Распределители	5,6	27,20	14,02	36,27	255,3	100,87	3 436,8	25 491,4	12 136,8	7
3. Оросители	32,1	56,4	41,31	56,20	189,0	86,49	1 328,5	2 149,2	1 739,8	
Всего	41,1	90,38	59,30	129,17	580,4	282,50	19 987,4	154 669,7	66 741,95	
4. Валики	200,0	723,00	400,70	100,0	332,6	180,2	468,0	540,0	504,0	4
5. Планировка	—	—	—	200,0	728,3	376,1	—	—	—	3
Итого	241,1	813,38	465,00	429,17	1 641,3	838,8	20 455,4	155 209,7	67 245,95	
	Сбросная сеть									
6. Главный коллектор	1,67	7,63	4,37	22,18	117,30	63,52	4 651,7	77 275,2	32 547,0	4
7. Коллекторы I-IV по- рядка	2,10	16,00	9,77	15,13	100,27	49,18	1 950,2	22 707,9	10 806,4	7
8. Сбросная сеть (мелкая)	18,10	60,78	38,96	14,2	160,00	48,08	340,0	1 745,0	951,7	7
Всего	21,87	84,41	53,10	51,51	577,78	160,78	6 941,9	101 728,1	44 305,1	
Итого оросительная сеть	62,97	174,79	112,40	190,78	957,97	443,28	26 929,3	856 397,8	111 047,05	
Сбросная сеть без валиков	21,87	84,41	53,10	51,51	577,78	160,78	6 941,9	101 728,1	44 305,1	
То же с валиками	262,97	897,79	519,10	480,68	2018,87	999,68	27 397,3	256 937,8	111 551,05	

Примечание. Данные взяты по проектам совхозов: 1) Илякскому, площадью в 750 га, 2) Черкесскому, площадью в 1 673 га, 3) Ивановскому, площадью в 13 462,1 га, 4) Петровско-Анастасиевскому, площадью в 17 750 га, 5) Адыгейскому, площадью в 3 066 га, 6) Уч-Тюбинскому, I участок, 10 384 га, 7) Уч-Тюбинскому, II участок, 864,15 га, 8) Чарынку, площадью в 9 435,75 га.

Так, например, по наблюдениям в Черкесском рисосовхозе, урожай при оптимальном и равномерном затоплении был равен 26—30 ц на 1 га, а при неравномерном затоплении снижался до 1—4 ц.

б) Слабо затопляемые и незатопляемые территории являются очагами злостных сорняков.

в) Планировка полей позволяет увеличить размер чека, карты, разредить сеть мельчайшей сети валиков, что улучшает условия работы с.-х. машин и орудий, повышает их производительность, понижает процент потерь земельной площади под валиками.

Вследствие этого планировка рисовых полей должна составлять неотъемлемую часть ирригационного проекта. При проектировании планировки необходимо исходить из следующих положений:

1. Планировка должна рассматриваться и как одновременное капитальное мероприятие и как длительное, эксплуатационное.

2. Если в рисовом севообороте имеются периодически орошаемые культуры, поливаемые иными способами, чем рис, например, напуском по полосам или по бороздам, то при проектировании планировки это обстоятельство должно учитываться и возможности применения этой техники полива должны обеспечиваться.

3. При планировке разность отметок двух смежных чеков в направлении гона с.-х. машин должна быть равна нулю.

4. Требуя значительных капитальных затрат, планировка полей в условиях рисосовхоза будет хозяйственно оправдана лишь тогда, когда она будет сочетаться с повышенном водоудерживающей способности мельчайшей сети валиков.

Без этого планировка может привести к относительной равномерности затопления в пределах каждого отдельно взятого чека, но ни в какой мере не исключит затопления одних целых чеков (пониженных) излишне глубоким слоем, в то время как другие чеки (повышенные) останутся незатопленными или слабо затопленными благодаря фильтрационной утечке из них воды в пониженные точки. Последнее обстоятельство сведет к нулю значение планировки с точки зрения урожайности.

Как показывают некоторые укрупненные измерители по оросительной, сбросной сети и планировке (см. табл. на стр. 258), заимствованные из проектных материалов, объем планировки колеблется в пределах от 200 до 728 м³ на 1 га.

ГЛАВА XIII

ПЛАНИРОВКА ОРОШАЕМЫХ ПЛОЩАДЕЙ

§ 83. Общая часть

Основной рельеф местности может быть выражен на плане масштаба 1 : 10 000, 1 : 5 000 горизонталями через 1,0 или 0,5 м.

Съемка основного рельефа имеет значение для планировки под полив затоплением. Микрорельеф (извилины склона, местные бугорки, западины и пр.) выражается на плане масштаба 1 : 2 500 до 1 : 1 000 горизонталями через 0,25 — 0,1 м; определяет собою характер и объем всех видов планировочных работ.

Изрезанные, неспокойные по рельефу и микрорельефу площади представляют большие затруднения в эксплуатации и поэтому при использовании их под самотечный полив, как правило, требуют проведения планировочных работ. Планировка орошаемых площадей является работой строительного порядка и состоит в уничтожении перовностей рельефа и микрорельефа, препятствующих равномерному поливу.

В результате планировки:

1) уменьшается объем работ по сети за счет снижения горизонтов командования;

2) предупреждаются посушки и вымочки культур, связанные с неровностями рельефа и микрорельефа;

3) уменьшаются поливные и оросительные нормы;

4) при рациональной эксплуатации спланированных площадей обеспечивается проведение предупредительных мероприятий против засоления и облегчается борьба с засолением путем организации промывок;

5) увеличивается коэффициент земельного использования орошаемого массива за счет уничтожения резервов и сокращения удельной длины поливной сети;

6) уменьшаются потери зерна при уборке в связи с более равномерным созреванием культур;

7) улучшаются условия механизированной обработки полей и др.

Отправными положениями при проектировании планировочных работ являются требования техники полива к поверхности орошаемых площадей и агротехнические условия планировки.

В зависимости от принятого способа полива проектирование планировки может быть проведено:

1) под полив затоплением (рис),

2) под полив напуском по полосам,

3) под полив по бороздам.

При составлении технического проекта планировки детальная съемка и проектирование планировочных работ могут быть произведены на нескольких типовых для данной площади участках.

Классификация орошаемой площади по рельефу и микрорельефу, а также выбор типовых участков по планировке под полив затоплением (под горизонтальную поверхность) могут быть произведены по методике, предложенной инж. Одинцовым. Рельеф по этой методике оценивается числовым коэффициентом, называемым «характеристикой рельефа». Для получения «характеристики рельефа» на плане с горизонталями наносится сетка квадратов. Для масштабов съемки 1 : 2 000 и 1 : 5 000 сторона квадрата принимается равной 50 м. Сетка накладывается так, чтобы одна сторона квадрата совпадала с направлением оросителя. После накладки определяется сумма пересечения горизонталей со всеми параллельными оросителю линиями сетки.

Полученная сумма делится на площадь участка. Таким же образом подсчитывается и число пересечений горизонталей с линией сетки, идущей перпендикулярно оросителю, которое также относится к 1 га площади.

Умножением числа горизонталей первого подсчета на число горизонталей второго подсчета получаем число, определяющее собою так называемую «характеристику рельефа». После группировки всей площади, снятой в масштабе 1 : 5 000, по данным «характеристики рельефа» (например, при характеристике рельефа до 15, от 15 до 25, от 25 до 35, от 35 до 45 и т. д.), в пределах каждой группы выбирается типовой участок, который следует заснять в масштабе 1 : 2 000 или 1 : 1 000.

Методика упрощенной классификации площадей по рельефу и микрорельефу для планировочных работ под полив напуском по полосам и под полив по бороздам в настоящее время разработана недостаточно.

Объем планировочных работ под полив напуском по полосам и под полив по бороздам в значительной степени зависит от наличия обратных направлению полива уклонов протяженностью до 100 м, от извилистости горизонталей, а для полива напуском по полосам также и от неоднородности поперечных (относительно направления полива) уклонов. Для бороздового полива поперечный уклон актуального значения не имеет.

Классификация площадей, предназначенных под полив движущейся струей, производится на плане масштаба 1 : 5 000 или 1 : 10 000. В пределах каждой выделенной по характеру рельефа группы на основании просмотра площадей в натуре намечаются типовые участки, которые зачисляются в масштабе 1 : 1 000 или 1 : 2 000.

На плане детально снятых типовых участков производится проектирование планировочных работ, и полученные в результате проектировки показатели распространяются на всю площадь. Указанный метод получения укрупненных показателей по планировке площадей под полив затоплением и под полив движущейся струей не избавляет от необходимости составления рабочего проекта планировочных работ применительно к каждому чеку, к каждой предназначенной к планировке карте. Непосредственное проектирование планировочных работ производится на плане масштаба 1 : 1 000 или 1 : 2 000 с горизонталями через 0,1—0,2 м.

При проектировании производятся следующие работы:

- 1) исследуется рельеф и микрорельеф площадей данной ирригационной системы для выделения площадей, требующих планировки;
- 2) проектируется поверхность на этих выделенных площадях;
- 3) определяются кубатуры срезок и насыпей почво-грунта и устанавливается баланс между ними в увязке с кубатурами, требующимися для постройки картовой сети или для выравнивания резервов каналов;
- 4) выделяются единицы планировки и определяется средняя дальность возки грунта;
- 5) устанавливается комплект машин, необходимый для производства работ;
- 6) определяется стоимость работ;
- 7) разрабатываются мероприятия по рациональной эксплуатации спланированных полей.

§ 84. Масштаб и техника съемки под планировочные работы

Предварительно намеченные под планировочные работы по плану в масштабе 1 : 5 000 или 1 : 10 000 площади зачисляются, в зависимости от сложности микрорельефа, в масштабе 1 : 1 000 (площади с резко выраженным и сложным микрорельефом) или в масштабе 1 : 2 000 (площади с менее выраженным и менее сложным микрорельефом).

Детальная съемка площадей под планировочные работы может быть проведена упрощенно в следующей последовательности.

По обеим сторонам карты (участка) вдоль оросителей разбиваются прямые линии, причем для карты с параллельно расположенными оросителями эти линии закрепляются пикетами через каждые 50—60 м и заномерованными сторожками через каждые 10 или 20 м.

Для карты же с косо расположенными оросителями основные нивелировочные ходы вдоль оросителей закрепляются пикетами и сторожками, расстояние между которыми определяется с учетом угла наклона этих линий к направлению полива. Нумерация сторожков, закрепляющих створы, перпендикулярные направлению полива, принимается одинаковой для обеих линий.

В целях сохранности основных линий с пикетами во время производства планировочных работ их следует протрассировать по откосам оросителей или же по центру самих каналов.

Нивелировка площадей карт должна начинаться с замкнутого нивелировочного хода, в результате которого отметки всех пикетов основных линий должны быть тщательно увязаны между собой.

Увязанные между собою шпикеты основных линий, разбитые через 50—60 м, служат для привязки во время нивелировки площадей карт.

Нивелировка площади карты проводится по створам одноименных сторожков, причем внутри карты шпикетаж не разбивается.

Одновременно со съемкой площади записываются через каждые 50—60 м и поперечники резервов. Рейка переставляется на расстояния, отмеряемые непосредственно во время нивелировки мерной лентой. Вместо ленты может быть использован специально размеченный шнур (или веревка), который во время нивелировки натягивается по створу и по мере необходимости переносится с одного створа на другой.

С одной стоянки инструмента (инструмент устанавливается примерно в центре нивелируемой площадки) нивелировщик имеет возможность заснять площадь, ограниченную дальностью визирования нивелира, — 75—125 м.

Нивелировку целесообразно проводить таким образом, чтобы отметки, полученные в результате съемки, могли быть непосредственно использованы при проектировании планировочных работ на плане.

Для этого нивелировочная сетка в натуре должна соответствовать сетке, которая разбивается на плане для проектирования, т. е. первая и последняя продольные линии сетки должны отстоять от границ участка (карты) на расстоянии, равном половине стороны принятого при съемке квадрата.

На основании проведенной съемки и план участка составляется в масштабе 1 : 1 000 или 1 : 2 000 с горизонталями через 0,1 или 0,2 м.

§ 85. Основные агротехнические условия планировки

При проектировании планировочных работ проектировщик должен учесть, что глубокие срезки почвы ведут не только к увеличению кубатуры и удорожанию стоимости работ, но также могут в значительной степени снизить урожай культур на этих местах.

Вопрос об установлении предельно допустимых глубин срезок почвы при планировке должен решаться в каждом конкретном случае особо на основании соответствующих исследований с учетом почвенных условий, культур севооборота, рельефа местности и экономической целесообразности.

Ориентировочно можно принять, что при планировке под полив напуском по полосам или под полив по бороздам глубины срезок почвы не должны превышать 10—15 см, а при планировке под полив затоплением — 15—20 см.

В отдельных местах планируемого участка, с наиболее беспокойным микрорельефом, могут быть допущены, как исключение, более глубокие срезки, но в общем не свыше 3—5% от планируемой площади.

Производство планировочных работ не должно проводиться по сильно влажной почве (например для темнокаштановых почв при влажности больше 18—20% от абсолютно-сухой почвы), так как это приводит к сильному уплотнению почвы, особенно в местах насыпей. На спланированных полях должны проводиться агротехнические мероприятия (удобрение и проч.), о чем см. § 91.

§ 86. Планировка под полив затоплением

Горизонтальная планировка площади под полив затоплением состоит в превращении отдельных площадок (чеков) в горизонтальные поверхности. Горизонтальная планировка проводится главным образом под

культуру риса и в отдельных случаях осуществляется под другие культуры на сильно засоленных площадях, требующих промывок.

Проектирование планировочных работ должно быть тесно связано с проектированием оросительной и сбросной сети. Подсчет объема планировочных работ производится в пределах каждой планируемой площадки самостоятельно, причем самый подсчет может быть произведен двумя способами:

1) по горизонталям и 2) по отметкам (по точкам).

Основным правилом при подсчете кубатуры как по горизонталям, так и по точкам является соблюдение баланса работ, т. е. равенства объемов срезки и насыпи почво-грунта в пределах планируемой площадки.

1. Подсчет кубатуры планировочных работ по горизонталям

Порядок подсчета кубатуры по горизонталям принимается следующий.

Сначала для нахождения проектной отметки (отметки спланированной площади) последовательным планиметрированием площадей, ограниченных одноименными горизонталями, определяется так называемый основной объем U , т. е. весь объем почво-грунта, находящийся выше нулевой горизонтальной плоскости. Нулевая плоскость должна проходить или через самую низкую отметку чека, или же ниже ее. Планиметрирование начинается с площадей, ограниченных горизонталями максимальных по величине отметок.

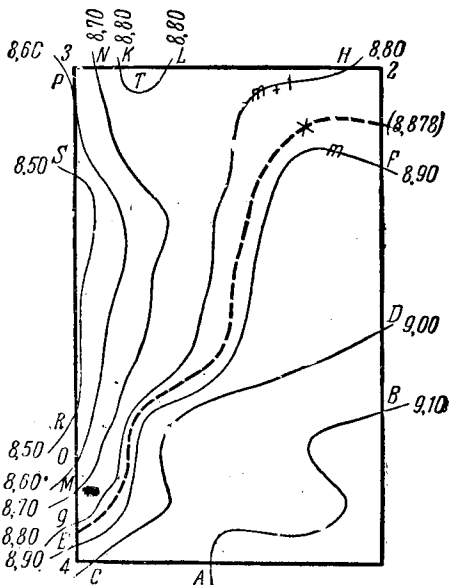


Рис. 131.

Так, если мы имеем площадку, представленную на рис. 131, то для определения ее основного объема планиметром определяют следующие площади, ограниченные горизонталями и границами данной площадки:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1) A — B — 1 — A | = ω_1 = 582 м ² |
| 2) C — D — 1 — C | = ω_2 = 2 080 » |
| 3) E — F — 1 — 4 — E | = ω_3 = 3 692 » |
| 4) g — H — 2 — 1 — 4 — g + KTL | = ω_4 = 5 104 » |
| 5) M — N — 2 — 1 — 4 — M | = ω_5 = 6 487 » |
| 6) O — P — 3 — 2 — 1 — 4 — O | = ω_6 = 7 126 » |
| 7) R — S — 3 — 2 — 1 — 4 — R | = ω_7 = 7 584 » |
| 8) 1 — 2 — 3 — 4 | = Ω = 7 600 » |

Основной объем почво-грунта, лежащий выше отметки 8,4 (R, рис. 132), получаем равным:

$$U = 0,1 \cdot [0,75 (\omega_1 + \omega_7 + \Omega) + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \omega_5 + \omega_6] = 3 631,3 \text{ м}^3.$$

В общем виде:

$$U = h [0,75 (\omega_1 + \omega_n + \Omega) + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_{n-1}] \text{ м}^3. \quad (1)$$

где h — разность отметок соседних горизонталей;
 n — число горизонталей на чеке.

Проектную отметку R_0 определяем как

$$R_0 = R + \frac{U}{\Omega} \text{ м}, \quad (2)$$

где R — отметка нулевой плоскости.

В нашем примере $R_0 = 8,4 + 0,478 = 8,878 \text{ м}$.

Объем срезки, т. е. объем, лежащий выше проектной плоскости, определяется по аналогии с предыдущим определением U как:

$$W_{ср} = h (0,75\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_{m-1} + 0,5\omega_m) + W_{доп}, \quad (3)$$

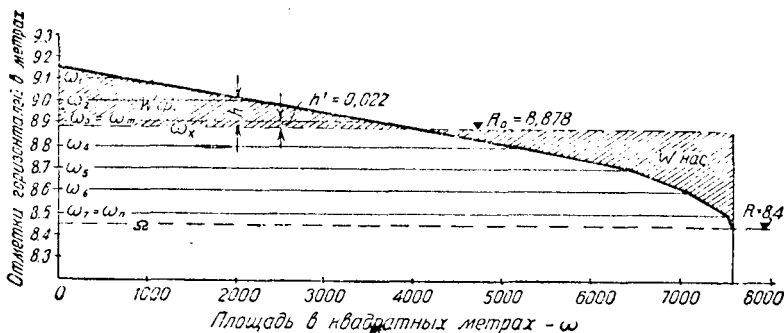


Рис. 132.

где $W_{доп}$ — дополнительный объем, имеющий высоту h' , равняется:

$$W_{доп} = \frac{\omega_m + \omega_x}{2} h'.$$

Здесь: ω_x — площадь, ограниченная проектной горизонталью и границами чеки в повышенной его части; h' — разность в отметках между горизонталью m и проектной отметкой (см. рис. 131 и 132).

Объем насыпи:

$$W_{нас} = \Omega (R_0 - R) - (U - W_{ср}). \quad (4)$$

Равенство объемов $W_{ср}$ и $W_{нас}$ является проверкой правильности всех произведенных вычислений.

Практически разность между $W_{ср}$ и $W_{нас}$ допускается до 10% . Кубатура планировочных работ в этом случае принимается как:

$$W = \frac{W_{ср} + W_{нас}}{2}, \quad (5)$$

Для нашего примера:

$$W_{cp} = 0,1 (0,75 \cdot 582 + 2080 + 0,5 \cdot 3692) + W_{дон};$$

$$W_{дон} = \frac{3692 + 4003}{2} \cdot 0,022 = 84,6 \text{ м}^3,$$

$$W_{cp} = 520,8 \text{ м}^3;$$

$$W_{нас} = 7600 (8,878 - 8,40) - (3631,3 - 520,8) = 522,3 \text{ м}^3.$$

Разница между W_{cp} и $W_{нас}$, равная $1,5 \text{ м}^3$, не превышает 10%, что является вполне приемлемым. Кубатуру планировочных работ определяем как:

$$W = \frac{520,8 + 522,3}{2} = 521,55 \text{ м}^3$$

2. Подсчет кубатуры планировочных работ по точкам

Способ подсчета кубатуры планировочных работ по точкам под полив затоплением, в зависимости от густоты и равномерности распределения отметок, может дать весьма точные результаты.

Исходным материалом проектирования служит план участка масштаба 1 : 1 000 или 1 : 2 000 с горизонталями через 0,1 или 0,2 м, разбитый на чеки.

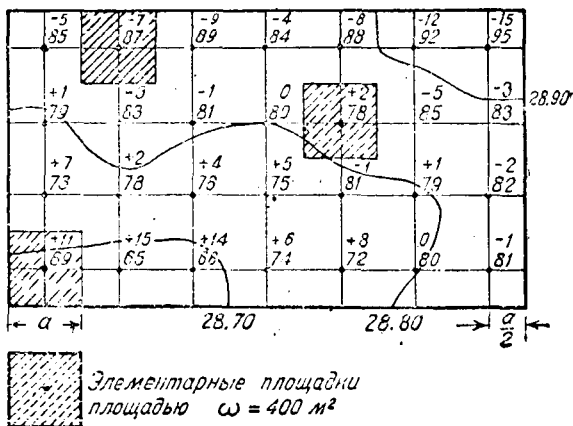


Рис. 133.

Подсчет кубатуры планировочных работ проводится в пределах планируемого чека. Для определения отметки проектной плоскости и кубатуры планировочных работ чек разбивается на плане прямоугольной сеткой с таким расчетом, чтобы точки пересечения линий сетки являлись центрами равновеликих по площади квадратов (ω), т. е. практически крайние линии сетки должны располагаться от границ чека на расстоянии, равном $\frac{a}{2}$, где a — сторона принятого элементарного квадрата (см. рис. 133).

Вполне приемлемую точность в подсчете кубатуры планировочных работ обеспечивает сетка квадратов со стороной 10 м (для плана в мас-

штабе 1:1 000) или со стороной 20 м (для плана в масштабе 1 : 2 000). В точках пересечения линий сетки интерполицией между существующими горизонталями проставляются отметки местности.

Отметка проектной плоскости каждого чека определяется из отношения:

$$R_0 = \frac{\Sigma H}{N}, \quad (6)$$

где ΣH — сумма отметок на площади;

N — число точек (отметок) на планируемой площади.

При расположении точек так, как это показано на рис. 134, отметка проектной плоскости вычисляется по формуле:

$$R_0 = \frac{\frac{\Sigma a}{4} + \frac{\Sigma b}{2} + \Sigma c}{n} \quad (7)$$

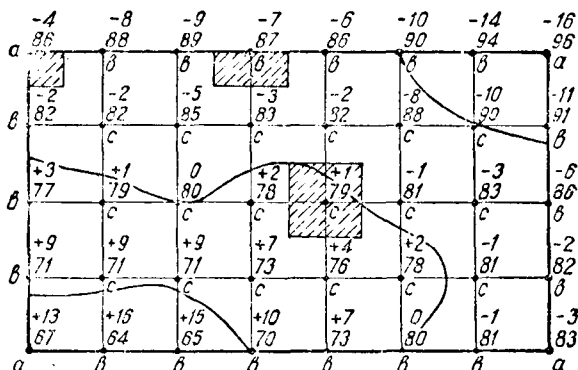


Рис. 134.

где Σa — сумма отметок угловых точек чека;

Σb — сумма отметок точек по границам чека, за исключением угловых точек;

Σc — сумма отметок всех остальных точек;

n — число элементарных площадок площадью ω .

В том случае, когда один чек отделяется от других пологими валиками постоянного типа, необходимо учитывать соответствующее понижение проектной плоскости чеков. Понижение проектной плоскости предусматривается также и в том случае, когда картовые оросители и внутрикартовые дороги насыпаются одновременно и в увязке с планировочными работами.

Понижение проектной плоскости чека определяется из отношения:

$$K = \frac{v}{\Omega},$$

где v — объем в кубических метрах дополнительной насыпи (валиков, подушек под оросители, резервов и т. д.), который должен быть выполнен за счет планировки данной площади;

Ω — площадь чека в квадратных метрах.

В соответствии с запроектированными размерами валиков, дорог, насыпной части картовых оросителей или (при наличии уже построенной оросительной сети) величины подлежащих засышке резервов — предусматривается увеличение кубатуры планировочных работ, величина которого включается в общий баланс работ на площадке.

После установления проектной отметки вычисляются величины необходимых при планировке срезок и насыпей относительно каждой имеющейся на плане отметки путем вычитания из проектной отметки отметок местности. Полученные величины срезок и насыпей проставляются над соответствующими отметками местности со знаком плюс (насыпь) или со знаком минус (срезка).

Кубатура срезок и насыпей почво-грунта при расположении отметок, представленном на рис. 133, определяется как

$$W_{ср} = \Sigma h_{ср} \cdot \omega; \quad (8)$$

$$W_{нас} = \Sigma h_{нас} \cdot \omega, \quad (9)$$

где $\Sigma h_{ср}$ — сумма величин срезок на планируемой площади в метрах;

$\Sigma h_{нас}$ — сумма величин насыпей в метрах;

ω — площадь элементарного квадрата в квадратных метрах.

Если вычисленная с точностью до 0,1 см проектная отметка равняется не целому числу сантиметров, а какому-то дробному (например $R_0 = 80,4$ см) и при подсчетах величин срезок и насыпей за проектную отметку принято целое число (например 80,0 см), то для проверки правильности вычислений необходимо еще определить дополнительный объем $W_{дон}$.

$$W_{дон} = (R_0 - R_1) \cdot \Omega, \quad (10)$$

где Ω — площадь чека в квадратных метрах.

Выражение $R_0 - R_1$ представляет разницу в метрах между вычисленной проектной отметкой и принятой при вычислении величин срезок и насыпей.

Равенство между вычисленной величиной $W_{дон}$ и разницей кубатур срезок и насыпей указывает на правильность произведенных вычислений.

Кубатура планировочных работ определяется как

$$W = \frac{W_{ср} + W_{нас}}{2}. \quad (11)$$

При расположении отметок по схеме, представленной на рис. 134, подсчет кубатуры планировочных работ усложняется. В этом случае сумма величин срезок $\Sigma h_{ср}$ и величин насыпей $\Sigma h_{нас}$ вычисляется по формуле:

$$\begin{aligned} \Sigma h_{ср} &= \frac{\Sigma a_1}{4} + \frac{\Sigma b_1}{2} + \Sigma c_1; \\ \Sigma h_{нас} &= \frac{\Sigma a_2}{4} + \frac{\Sigma b_2}{2} + \Sigma c_2, \end{aligned} \quad (12)$$

где Σa_1 — сумма глубин срезок и Σa_2 — сумма величин насыпей угловых точек площадки;

Σb_1 и Σb_2 — тоже точек по рамке площадки, за исключением угловых точек;

Σc_1 и Σc_2 — тоже всех остальных точек.

Последующие подсчеты кубатуры проводятся по вышеприведенным формулам (8, 9, 10, 11).

Приведем примеры подсчета кубатуры планировочных работ по точкам для обеих схем расположения отметок на чеке.

Схема № 1 (см. рис. 133).

Определяем проектную отметку R_0 по формуле (6):

$$R_0 = \frac{2 \cdot 240}{28} = 80,0 \text{ см.}$$

Величины срезок и насыпей почвы в сантиметрах определяем вычитанием из отметки 80,0 отметок чека и с соответствующими знаками представляем над отметками чека.

Подсчитываем сумму величин срезок и насыпей и определяем кубатуры срезок и насыпей по формулам (8) и (9):

$$W_{cp} = 0,76 \cdot 400 = 304 \text{ м}^3;$$

$$W_{нас} = 0,76 \cdot 400 = 304 \text{ м}^3.$$

Так как проектная отметка чека получилась равной круглой цифре 80,0 см, разница между кубатурой срезки и насыпи получилась равной нулю, то и определения $W_{дон}$ в нашем случае не потребовалось.

Кубатуру планировочных работ получаем равной

$$W = 304 \text{ м}^3.$$

Схема № 2 (см. рис. 134).

Определяем проектную отметку чека по формуле (7):

$$R_0 = \frac{2 \cdot 250}{28} = 80,4 \text{ см.}$$

Для вычисления величин срезок и насыпей почвы проектную отметку $R_0 = 80,4$ округляем до целых величин и принимаем равной $R_1 = 80,0$ см (повышаем для удобства подсчетов на величину 0,004 м). Выписываем над отметками чека величины срезок и насыпей в сантиметрах и подсчитываем их суммы по формуле (12).

$$\Sigma h_{cp} = 79 \text{ см};$$

$$\Sigma h_{нас} = 68 \text{ см.}$$

Кубатура срезок и насыпей определяется так же, как и в предыдущем примере, по формуле (8) и (9).

$$W_{cp} = 0,79 \cdot 400 = 316 \text{ м}^3;$$

$$W_{нас} = 0,68 \cdot 400 = 272 \text{ м}^3.$$

Объем $W_{дон} = 0,004 \cdot 11200 = 45 \text{ м}^3$ [по формуле (10)] равняется разнице между кубатурами срезок и насыпей ($316 - 272 = 44$), что указывает на правильность произведенных вычислений.

Объем планировочных работ получаем равным

$$W = 294 \text{ м}^3.$$

* * *

Объемы планировочных работ, имеющих целью создать горизонтальную поверхность, колеблются в зависимости от характера рельефа и микрорельефа в больших пределах (в среднем 300—400 м³ на 1 га).

На удельную (т. е. отнесенную на 1 га площади) стоимость производства планировочных работ влияет не только кубатура, но также и даль-

ность возки грунта. Дальность возки определяется, как расстояние между центрами тяжести объемов срезки и объемов насыпи почвогрунта. Для чека, горизонтали которого расположены параллельно друг другу и поперечный профиль представляет треугольник (см. рис. 135), определение дальности возки (l_0) сводится к нахождению центров для площадей треугольников срезки и насыпи.

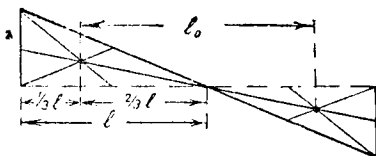


Рис. 135.

В этом случае дальность возки может быть определена непосредственно по плану чека с горизонталями: центр тяжести объема срезки

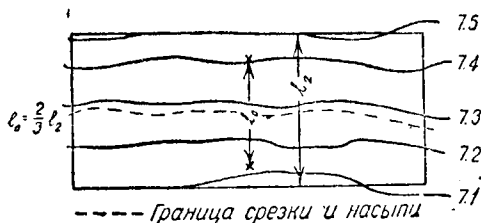


Рис. 136.

Расстояние между центрами тяжести объемов срезки и насыпи и определяют собою среднюю дальность возки грунта (l_0) для данной площадки (см. рис. 136).

§ 87. Планировка под полив напуском по полосам и под полив по бороздам

Проектирование планировочных работ под полив напуском по полосам и под полив по бороздам должно проводиться в соответствии с требованиями к поверхности орошаемого поля, которые представляет запроектированная для данного орошаемого массива техника полива, а также с учетом агротехнических условий.

1. Технические условия и требования полива напуском по полосам

Основные размеры элементов техники полива напуском по полосам, на которые следует ориентироваться при проектировании планировочных работ, следующие:

а) Минимальная ширина полосы на спланированной карте равна $2l$, где l — ширина захвата тракторной сеялки (3,65—4,2 м). Как исключение, в целях снижения объема планировочных работ допускается ширина полосы, равная одному захвату сеялки.

Площади узких полос внутри карт, поливаемых напуском по полосам, не должны превышать 5—10%.

б) Допустимый поперечный уклон полосы не должен превышать 0,003. Для узких полос, применяемых как исключение, допустимый уклон поперек полосы повышается до 0,005—0,006.

в) Расчетные размеры удельной поливной струи и соответствующие им глубины слоя воды в голове полосы устанавливаются в пределах от 2 до 8 л в секунду с дифференциацией их по уклонам: для больших уклонов — 2—3 л в секунду, для средних уклонов — 4—6 л в секунду и для малых уклонов — 6—8 л в секунду.

г) Длины полос устанавливаются расчетом в соответствии с размерами уклона, принятой струи и подно-физических свойств почвы.

Для ориентировки приводится следующая таблица расчетных длин полос для южных черноземов и каштановых почв, составленная инж. В. А. Кутергиным

Таблица расчетных длин полос для южных черноземов и каштановых почв

Почвы	Уклон $i =$ до 0,001; удельный расход = 6—8 л сек.	$i = 0,007$; удельный расход = 5—6 л сек.	$i = 0,012$; удельный расход = 4—5 л сек.	$i = 0,017$; удельный расход = 3—4 л сек.
	Черноземы южные, суглинистые . .	125—175	200—250	175—225	125—200
Черноземы южные, слабо солонча- ватые	150—200	225—275	200—250	175—225
Темнокаштановые и каштановые тяжело суглинистые	150—225	250—300	225—275	175—250
Темнокаштановые суглинистые поч- вы, переходные в легко сугли- нистые	75—100	125—250	120—225	100—200

д) Максимальные продольные уклоны для полос на проницаемых почвах типа южного чернозема равны 0,012 и на менее проницаемых почвах типа каштановых — 0,017.

Обратные продольные уклоны на полосе недопустимы.

Если на карте имеются площадки с обратным уклоном, протраженность которого позволяет нарезать полосы нормальной длины, то в этом случае допускается применение полос, полив которых будет производиться в противоположном нормальному направлении (встречный полив).

е) При составлении проекта планировочных работ должны быть намечены трассы поливных канав, исходя из установленных длин и расположения полос.

Трасса поливных канав должна быть по возможности прямолинейной и должна обеспечивать поперечный профиль поливной канавы в полу-выемке-полунасыни. Предельный уклон поливной канавы принимается 0,006.

Уступы на карте ни в поперечном, ни в продольном направлении не допускаются.

ж) Резерв картового оросителя с командной стороны его планируется под общую поверхность карты с теми предельными уклонами, которые допустимы для полива науском по полосам.

Резервы с некомандной стороны картового оросителя, а также резервы групповых распределителей заравниваются с учетом возможно минимальных затрат на планировку и допустимых глубин срезок, прилегающих к резервам орошаемых площадей.

Резервы тех частей картовых оросителей, около которых строительная планировка не проводится, а также резервы непланируемых карт могут планироваться под пониженную отметку.

2. Технические условия и требования полива по бороздам без сброса

а) В качестве основного вида бороздного полива принимается полив по бороздам без сброса с расстояниями между бороздами 0,7—1,0 м.

б) Основное направление полива принимается вдоль картового оросителя, за исключением случая лежачей карты.

в) Максимально допустимым продольным уклоном для бороздного полива без сброса принимается уклон, равный 0,005—0,006 и минимальным 0,0.

г) Поперечный уклон на карте для полива по бороздам актуального значения не имеет, поэтому максимально допустимый поперечный уклон в данном случае определяется условиями размываемости поливной канавы.

д) Размеры глубин борозд и удельных струй принимаются в зависимости от уклона местности следующие:

- 1) при уклоне от 0,002 до 0,005—0,006 — средне-глубокие борозды (15—18 см); удельная поливная струя порядка не > 1 л/сек.;
- 2) при уклоне меньше 0,002—более заглубленные средне-глубокие борозды (15—20 см); поливная струя — не $> 1,5$ л/сек.;
- 3) при уклоне больше 0,005—0,006 прорабатывается вариант крестового расположения карты и косого расположения борозд.

е) Длина борозды принимается по расчету. Для ориентировки длины могут быть приняты те же, что и длины полос при поливе напуском по полосам (см. таблицу на стр. 270).

ж) Требования к обратным уклонам, к трассе поливных канав и к резервам принимаются те же, что и для полива напуском по полосам.

§ 88. Методика проектирования планировочных работ

Рабочее проектирование планировочных работ проводится на плане в масштабе 1 : 1 000 или 1 : 2 000.

В проект планировки включаются площади, не удовлетворяющие требованиям запроектированной техники полива к поверхности орошаемого поля; и при наличии уже построенной оросительной системы предусматривается планировка резервов у каналов.

В том случае, если планировка подается вся карта, проектирование планировочных работ проводится одновременно на всей карте; если же планировке подлежат отдельные участки карты, то проектирование проводится в пределах этих участков, но в увязке с рельефом и микро-рельефом прилегающих к данному участку площадей карты.

Сопряжение поверхности спланированной части карты с неспланированной должно быть плавным, без образования уступов на карте.

Определение проектных отметок и подсчет кубатуры планировочных работ могут быть проведены по методу точек, со спрямлением горизонталей, который (метод) предусматривает следующие этапы работ:

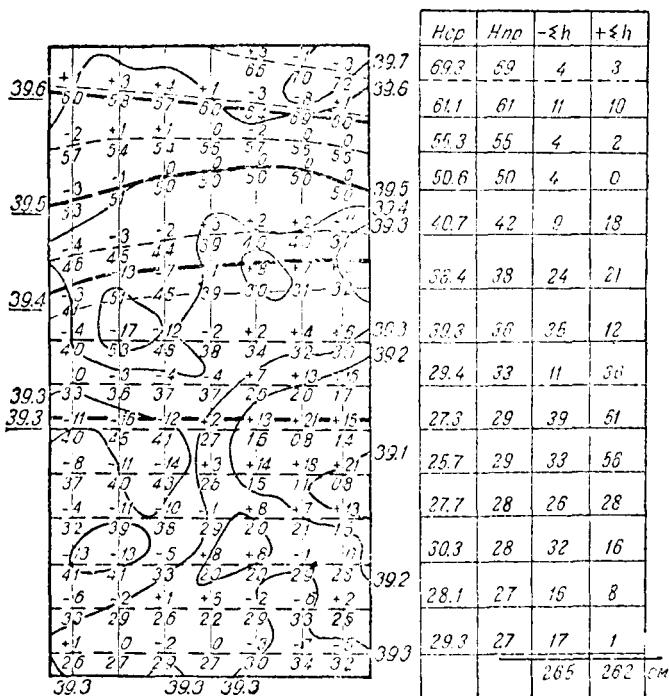
1. На плане карты с горизонталями (рис. 137) производится спрямление горизонталей, в результате которого должны быть уничтожены все неровности микро-рельефа, препятствующие нарезке полос или борозд нормальной длины и препятствующие равномерному поливу.

2. В местах разреженных горизонталей проводятся промежуточные горизонталы с таким расчетом, чтобы весь планируемый участок был покрыт изолиниями (линиями равных отметок) равномерно по всей площади и не реже, чем через 10—15 м для плана масштаба 1 : 1 000, а для плана в масштабе 1 : 2 000 не реже, чем через 20—30 м.

В том случае, если площадь характеризуется извилистыми и замкнутыми горизонталями без ясно выраженного поперечного уклона, изолинии наводятся нормально направлению полива через каждые 10 м (масштаб 1 : 1 000) или через 20 м (масштаб 1 : 2 000).

3. После наведения изолиний планируемый участок разбивается продольными линиями, расстояние между которыми, в зависимости от

масштаба плана, принимается равным 10 м или 20 м (или близкой к этим цифрам величине). Первую и последнюю продольную линию следует проводить от границ участка на расстоянии, равном $\frac{a}{2}$, где a — принятое расстояние между продольными линиями.



Масштаб 1:1000

39.3 --- Проектные линии

$$\Omega = 0,98 \text{ г}$$

$$n = 94$$

$$W = \frac{(2,65 + 2,62) 9800}{2 \times 94} = 274 \text{ куб. м}$$

$$\frac{W}{\gamma_{сг}} = \frac{274}{0,98} = 280 \text{ куб. м}$$

рис. 137.

местности; при этом на плане выписываются лишь одни сотые метра отметки. Так, если, например, отметка точки равна 39,45 м, то на план выписывается лишь цифра 45.

5. После этого вычисляются отметки наведенных изолиний как среднearифметические величины из числа отметок местности, проставленных на пересечениях продольных линий и наведенных изолиний с точностью до 0,1 см; полученные величины средних отметок (H_{cp}) выписываются в первый столбец сбоку чертежа, причем для удобства последующих под-

4. В точках пересечения продольных линий с изолиниями интерполируется между существующими горизонталями (с использованием первоначального плана с отметками) проставляются отметки

счетов каждая средняя отметка изолинии выписывается рядом со спрямленной изолинией.

6. Полученный столбец средних отметок (H_{cp}) просматривается сверху вниз, начиная от головной части карты. Средняя отметка каждой последующей изолинии должна быть меньше (или же в крайнем случае равна) средней отметки каждой предыдущей изолинии, т. е. уклон на карте, как правило, должен быть прямым.

Обратные уклоны на карте, в соответствии с требованиями техники полива, могут быть допущены лишь в том случае, если их протяженность позволит нарезать полосы или борозды нормальной длины (не менее 100 м) для осуществления встречного полива.

7. Обратные уклоны протяженностью меньше 100 м и уклоны больше критических в отношении размыва должны быть уничтожены взаимным изменением средних отметок изолиний, т. е. взаимным изменением цифр столбца H_{cp} . При этом основное условие, которое в данном случае должно быть строго соблюдено, заключается в том, чтобы при изменении средних отметок изолиний был соответствующим образом исправлен продольный уклон участка и в то же время сохранен баланс планировочных работ (равенство кубатур срезки и насыпи грунта). Поэтому, если изменению подвергаются средние отметки изолиний с равным количеством отметок на них, то для соблюдения баланса работ достаточно произвести изменение средних отметок без нарушения их суммы; практически всякое понижение той или иной средней отметки должно сопровождаться таким же по величине повышением другой средней отметки: в нашем примере (см. рис. 137), чтобы уничтожить обратный уклон по длине площадки, средней отметку 39,3 столбца H_{cp} мы исправили на отметку 36,0 (см. столбец H_{np}), т. е. понизили ее на 3,3 см и в то же время, чтобы не нарушить баланс работ, изменили нижележащую отметку 29,4 на 33,0, т. е. повысили ее на 3,6 см.

При принятой точности проектирования планировочных работ до 1 см получившейся разницей повышения и понижения средних отметок в 0,3 см мы пренебрегаем.

В том же случае, если изменению подвергаются средние отметки изолиний с различным количеством проставленных на них отметок (например, в головной скошенной части большинства карт), то взаимное изменение средних отметок H_{cp} должно производиться с учетом количества отметок на изолиниях, т. е. практически при исправлении средних отметок неравновеликих изолиний должно соблюдаться следующее равенство:

$$\sum h_0 n_0 = \sum h_1 n_1$$

где $\sum h_0 n_0$ — сумма величин понижений средних отметок изолиний (в сантиметрах), умноженная на число отметок на соответствующих им изолиниях;

$\sum h_1 n_1$ — сумма величин повышений средних отметок, умноженная на число отметок изолиний.

8. Для наглядности представления о запроектированной поверхности наводятся цветными линиями горизонтали через равные интервалы по высоте (например, через 0,1 или 0,2 м). Эти горизонтали легко провести, пользуясь подсчитанными значениями запроектированных изолиний (столбцом H_{np}).

9. После наведения горизонталей намечаются трассы поливных каналов в соответствии с требованиями, представленными в § 87. («Технические условия и требования полива напуском по полосам»); затем запроектированная поверхность еще раз подвергается оценке с точки зрения выполнения всех тех требований, которые были предъявлены техникой полива к планировке.

Продольный уклон площадок и всей карты в целом может быть проанализирован непосредственно по плану с горизонталями (без составления продольного профиля). Ориентировкой в данном случае может служить загушенность горизонталей на единицу длины.

Изменение уклона по длине площадки может быть подвергнуто оценке по разнице между проектными отметками смежных изолиний.

В том случае, если при окончательном просмотре запроектированной поверхности будут обнаружены какие-либо упущения или дефекты, необходимо произвести соответствующее исправление средних отметок изолиний с соблюдением правила баланса работ.

После исправления средних отметок изолиний исправляется и местоположение основных горизонталей.

Окончательно исправленные средние отметки проектных изолиний принимаются за проектные. Эти отметки, с округлением их до 1 см, и выписываются во вторую графу ($H_{пр}$) рядом со средними отметками.

10. Величины срезок и насыпей почвы определяются вычитанием из проектных отметок местности и с соответствующими знаками (знак плюс — насыпь, знак минус — срезка) выписываются над отметками местности в сантиметрах.

После этого производится суммирование величин срезок ($\Sigma h_{ср}$) и насыпей ($\Sigma h_{нас}$) для каждой изолинии, которые (в сантиметрах) выписываются в графу третью и четвертую сбоку плана. Общий итог величин срезок на всем участке (карте) не должен превышать общую сумму величин насыпей больше чем на 5%.

Разница больше 5% указывает на допущенную при подсчетах ошибку или же на накопление мелких неточностей в результате одностороннего округления средних отметок до целых величин; и в том и в другом случае проект должен быть исправлен.

11. Кубатура планировочных работ определяется по следующей формуле:

$$W = \frac{(\Sigma h_{ср} + \Sigma h_{нас}) \cdot \Omega}{2n_{общ}} \text{ м}^3,$$

где $\Sigma h_{ср}$ — сумма величин срезок на данной карте в метрах;
 $\Sigma h_{нас}$ — сумма величин насыпей в метрах;
 Ω — планируемая площадь в квадратных метрах;
 $n_{общ}$ — общее число отметок на участке.

При проектировании планировки площадей карт с учетом засыпки резервов у каналов (под общую с картой отметку) кубатура срезок определяется отдельно от кубатуры насыпи грунта и вычисляется как

$$W_{ср} = \frac{\Sigma h_{ср} \cdot \Omega}{n_{общ}}.$$

Кубатура насыпи определяется аналогично кубатуре срезки:

$$W_{нас} = \frac{\Sigma h_{нас} \cdot \Omega}{n_{общ}}.$$

Кубатура срезки грунта в этом случае должна быть больше кубатуры насыпи на объем грунта, требующийся для засыпки резервов ($W_{рез}$), т. е.

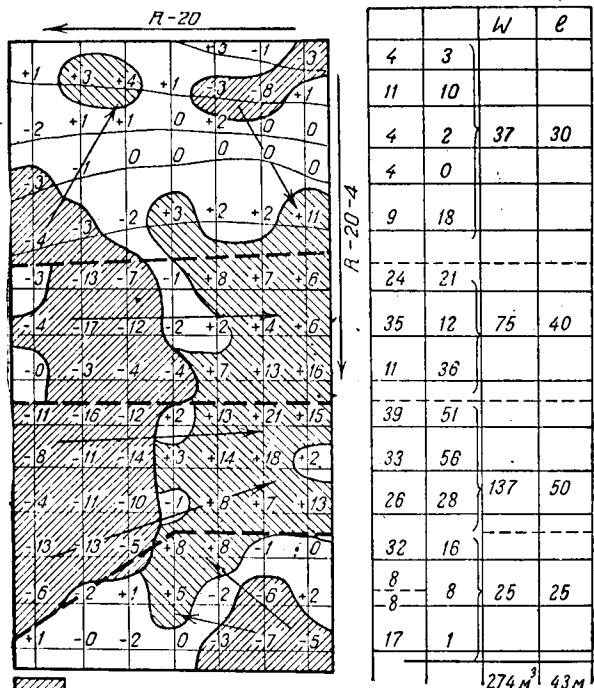
$$W_{ср} = W_{нас} + W_{рез}.$$

Разница между правой и левой частью этого уравнения практически может быть допущена не больше 5%.

Общая кубатура планировочных работ с учетом кубатуры на засыпку резервов у каналов или в общем виде с учетом какой-либо дополнительной

насыпи на карте (например, земляных подушек под оросители, почвенных валиков засыпки резервов у каналов и т. д.) определяется как

$$W = \frac{W_{ср} + W_{нас} + W_{дон}}{2} \text{ м}^3.$$



- Места срезок
- Места насыпей
- Места нулевых работ

$$Z_{ср} = \frac{(37 \times 30) + (75 \times 40) + (137 \times 50) + (25 \times 25)}{274} = 43 \text{ м}$$

Рис. 138. Пунктиром отдельные единицы планировки. Стрелками показано направление и дальность перемещения грунта.

Дальность возки грунта определяется расстоянием между центрами гнестности объемов срезки и насыпи почво-грунта. Для этого на плане с выписанными величинами срезок и насыпей проводятся границы, отделяющие места срезок от мест насыпей. Эта граница проводится с учетом достижимой точности производства работ, т. е. отделяются лишь срезки в 3 см и более 3 см. Площади срезок и площади насыпей, в отличие от площадей нулевых работ, соответствующие заштриховываются или же слабо закрашиваются различными цветами (см. рис. 138). После этого намечаются отдельные площадки (единицы планировки), в пределах которых будет производиться работа по планировке.

Единицы планировки намечаются с таким расчетом, чтобы в их пределах было соблюдено равенство объемов срезки и насыпи.

Дальность возки определяется отдельно для каждой выделенной единицы планировки.

Вычисление средне-взвешенной дальности возки для всей карты может быть произведено по следующей формуле:

$$L = \frac{l_1 W_1 + l_2 W_2 + l_3 W_3 + \dots + l_n W_n}{W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n},$$

где l_1 — дальность возки для 1-й площадки I_1 , на которой уравновешены между собой объемы срезок и насыпей;

$l_2, l_3 \dots l_n$ — то же на 2-й, 3-й ... n -й площадке;

W_1 — объем работ на 1-й площадке;

$W_2, W_3, \dots W_n$ — то же на 2-й, 3-й ... n -й площадке.

При этом $W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n = W$, т. е. сумма кубатур планировочных работ по отдельным площадкам (единицам планировки) равняется кубатуре работ на всей площади карты.

Рабочая схема, представленная на рис. 138, с показанием величин срезок, величин насыпей, направления перемещения грунта в пределах каждой единицы планировки, кубатуры работ и дальности возки является основным документом для производства планировочных работ.

§ 89. Проектирование планировки резервов

Планировка резервов у оросителей может быть запроектирована с заравниванием их под общую с поверхностью карты отметку или же самостоятельно, независимо от планировки карты с образованием на месте резервов пониженных полос 5—6-метровой ширины (см. рис. 139). Проектирование планировки резервов должно проводиться в соответствии с требованиями, сформулированными в предыдущем параграфе (пункт 1). Кубатура земляных работ, требующихся на планировку резервов, может быть определена по поперечникам резервов.

При проектировании планировки резервов под общую с поверхностью карты отметку кубатура работ по заравниванию резервов включается в общий баланс планировочных работ на карте; поэтому в проекте планировки площади карты предусматривается понижение проектных отметок изолиний на величину:

$$h = \frac{\omega}{B},$$

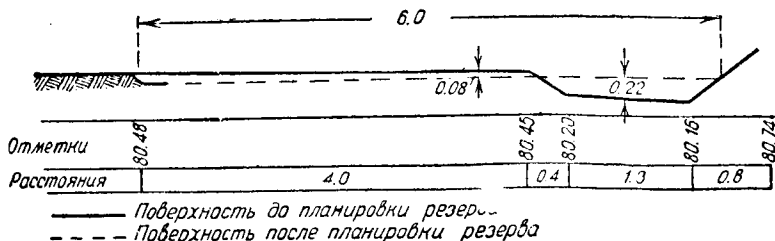


Рис. 139. Поперечный профиль резерва до и после планировки его на пониженной отметке (размеры в метрах).

где ω — площадь поперечного сечения заравниваемого резерва в квадратных метрах;

B — длина изолинии в метрах.

Так, если площадь поперечного сечения планируемого под общую отметку резерва у картового оросителя равна $\omega = 0,5 \text{ м}^2$, а длина изолинии $B = 100 \text{ м}$, то

$$h = \frac{0,5}{100} = 0,005 \text{ м} = 0,5 \text{ см.}$$

Следовательно, проектная отметка каждой изолинии в данном месте должна быть понижена на 0,5 см, или практически каждая вторая изолиния (при расстоянии между ними в 10 м) понижается на 1 см.

При проектировании планировки резерва у распределителя под общую с картой отметку следует задаться шириной полосы (B_1), с которой будет свозиться земля для засыпки резерва; зная площадь поперечного сечения резерва (ω), определяем величину понижения этой полосы:

$$h = \frac{\omega}{B_1}.$$

(так, при $\omega = 1,0 \text{ м}^2$ и $B_1 = 20 \text{ м}$ $h = \frac{1,0}{20} = 0,05 \text{ м}$).

Общая кубатура срезок на карте должна получиться больше общей кубатуры насыпи на объем грунта, требующегося для засыпки резервов под общую отметку.

Второй вариант планировки резервов на пониженной отметке является по сравнению с первым значительно менее трудоемким; он предусматривает образование на месте резерва пониженной (на 5—10 см) полосы шириной 5—6 м, которая может быть использована под полив культур наравне со всей остальной площадью карты. Кубатура земляных работ в этом случае подсчитывается отдельно от кубатуры работ по планировке площади карты и может быть выполнена грейдером типа ГТ или ГС при продольном перемещении грунта со всей 5—6-метровой полосы в резерв.

§ 90. Производство планировочных работ

В состав планировочных работ входят: подготовительные и основные работы.

К подготовительным работам относятся работы по очистке площади от сорной растительности, разбивка площади под планировочные работы и рыхление мест срезок.

Очистка площади от растительности проводится путем выкашивания ее обычными с.-х. косилками с последующей отвозкой сорняка на сторону или же сжиганием его на месте. После очистки площади от растительности производится разбивка под планировочные работы: восстанавливается пикетаж основных линий нивелировочного хода, переносятся в натуру единицы планировки, намечается линия нулевых работ, которая закрепляется на месте проходом плуга.

Рыхление мест срезок производится послойно по мере необходимости. Предварительное рыхление почво-грунта не требуется лишь для легких несвязных почв. Для рыхления грунта могут быть использованы тракторные или конные с.-х. плуги. Глубина рыхления для производства планировочных работ определяется глубинами срезок почвы.

Для ориентировки при производстве работ намечаются на местности характерные места срезок и насыпей почвы с показанием их величин в сантиметрах.

К основным планировочным работам относятся: 1) планировка площадей карт и 2) планировка резервов.

При планировке площадей производится срезка почво-грунта с повышенных элементов рельефа и перемещение его для засыпки пониженных мест.

а) **Способы производства работ.** Наиболее простым и самым распространенным способом планировочных работ является «сухая планировка» со сплошной срезкой грунта.

При планировке со сплошной срезкой почво-грунта все повышенные места рыхлятся и рыхлый грунт сплошным слоем срезается планировочными орудиями и свозится в места пониженной.

«Сухая планировка» может проводиться также кулисным способом. Сущность кулисного способа работ состоит в том, что выемка почво-грунта на буграх производится не сплошным слоем, а кулисами, т. е. полосами, по ширине равными захвату планирующего орудия (тракторного или конного скрепера). Между полосами выемок оставляются нетронутые срезкой полосы — гряды (см. рис. 140).

Выемка в кулисах выбирается на глубину в 2 раза большую, чем это требуется при сплошной срезке. После произведенной выемки в кулисах оставшиеся нетронутые срезкой гряды сравниваются вровень с кулисными выемками. Таким образом достигается понижение дан-

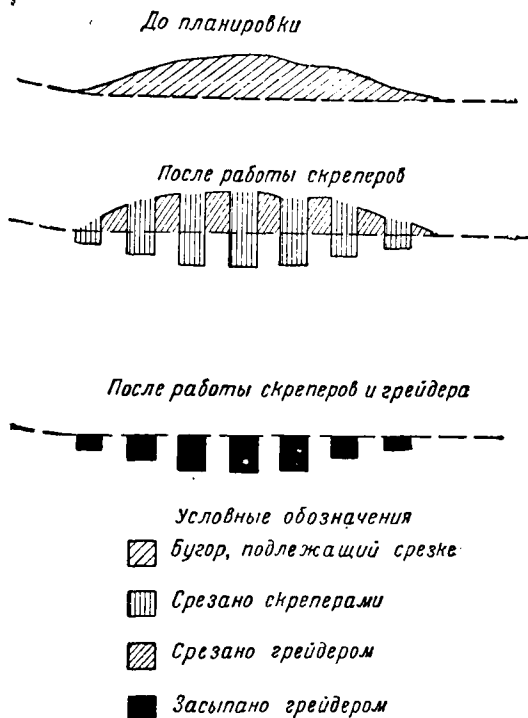


Рис. 140. Схема кулисной выемки почво-грунта.

ного места на требуемую величину с оставлением на месте половины верхнего плодородного слоя почвы. Кулисный способ работ является значительно более трудоемким. Однако в том случае, когда верхний плодородный слой почвы планируемого участка невелик и удаление его при планировке может резко снизить урожай на срезанных местах даже при внесении удобрений, целесообразно применять этот способ планировки.

По условиям производства работ наиболее рациональна планировка кулисами на участках с повышениями, расположенными посередине. В этом случае орудия не потребуется затрачивать лишнее время на заезды в кулисы и окажется возможным растаскивать бугор в обе стороны.

б) Машины и орудия. Основными орудиями, применяемыми на планировочных работах, являются: 1) конные и тракторные скреперы и 2) грейдеры.

Общее конструктивное описание этих орудий дано в разделе справочника «Механизация земляных работ при устройстве ирригационной сети»; здесь же по каждому орудию отметим лишь те изменения и дополнения, которые вызваны специфическим характером планировочных работ.

Из числа конных скреперов на планировочных работах применяется скрепер-волокуша, емкостью 0,12 м³, с тягой двумя лошадьми, и скрепер типа «Фресно», емкостью 0,2 м³, с тягой тремя лошадьми. Более удобным в работе является пароконный скрепер-волокуша.

Конные скреперы работают бригадами по 5—6 штук.

На планировочных работах один рабочий выполняет полностью все рабочие операции по забору и перемещению почво-грунта скрепером (он же является и погоняльщиком лошадей).

Кроме скреперов, бригада должна иметь конный плуг для рыхления мест срезок.

Конные скреперы применимы на работах с возкой грунта на небольшие расстояния — от 10 до 40 м.

Тракторный ползунковый скрепер емкостью ковша 0,35 м³ работает на прицепе у колесного трактора типа СТЗ-ХТЗ 15/30 л. с. При дальности возки почво-грунта до 30 м на планировочных работах, кроме тракториста, необходим дополнительный рабочий (на скрепере), который проводит все необходимые во время работы операции по загрузке ковша, выгрузке и разравниванию грунта скрепером.

Кроме описанных скреперов, на планировочных работах с успехом могут быть применены вновь освоенные более мощные скреперы ползункового типа емкостью ковша 0,75 м³, приспособленные к работе как по одному с трактором СТЗ-НАТИ, так и по два с трактором ЧТЗ, а также скреперы колесно-ползункового типа емкостью ковша 1,5 м³ и 2 м³, приспособленные к работе с гусеничными тракторами.

Колесные скреперы емкостью 0,75 м³ и вновь выпускаемые емкостью 1,1, 5 и 6 м³ на работе по планировке орошаемых площадей могут найти лишь ограниченное применение, так как для успешной работы требуют наличия сосредоточенных кубатур почво-грунта, подлежащего срезке.

Скреперы ползункового и колесно-ползункового типа могут быть успешно использованы при производстве срезок на глубину не меньше 5 см, а колесные скреперы — на срезках глубиной не меньше 10—15 см.

Для более точной работы по планировке скреперы плохо приспособлены и их в этом случае рациональнее заменить грейдерами тяжелого и среднего типа (ГТ и ГС). Грейдер ГТ работает с трактором ЧТЗ, грейдер ГС — с трактором СТЗ-НАТИ. Грейдеры могут быть использованы на следующих видах работ, связанных с планировкой площадей:

- 1) на засыпке и планировке резервов;
- 2) на основных планировочных работах с отвозкой грунта на расстоянии;
- 3) на выравнивании поверхности площади после работы скреперов;
- 4) на насыпке валиков, отделяющих одну планируемую площадку (чек) от другой.

Все перечисленные выше виды работ, за исключением работы по основной планировке и работы по выравниванию поверхности после работы скреперов, выполняются грейдерами с удлинителями без каких-либо их конструктивных изменений и дооборудований.

При использовании же грейдеров на работе по основной планировке с перемещением почво-грунта на расстояние нож грейдера ГТ удлиняется до 4,5—5 м и дооборудуется боковыми щитками длиной в 0,75 м; нож

грейдер ГС удлиняется до 3,35—3,5 и оборудуется щитками длиной 0,5 м, устанавливаемыми под углом 90° к ножу.

Рабочий орган грейдера во время работы ставится перпендикулярно к направлению движения. При заборе грунта рабочий орган опускается и в таком положении транспортирует грунт перед собой в места понижений, где после приподнимания ножа отсыпает его ровным слоем.

Необходимую регулировку и уход за грейдером осуществляет грейдерист.

При работе по разравниванию насыпи после работы скреперов нож грейдера, удлинённый до 4,5—5 м, ставится под углом 50—60° к направлению движения. Разравнивание площади проводится в 2 следа ходом агрегата вдоль и поперек планируемого участка.

На работе по разравниванию резервов нож грейдера ставится под углом 35—40° к направлению движения.

Планировка резерва производится за несколько проходов агрегата, идущего вдоль резерва и ссыпаящего землю с прилегающей полосы в резерв.

Производительность грейдера на работе по засылке и выравниванию резервов зависит в основном от ширины полосы, определяющей собой число перекидок почво-грунта.

На работе по разравниванию площади после работы скреперов могут быть использованы также кустарного изготовления деревянные волокуши с шириной захвата 5 и 6 м на тракторной тяге.

в) **Схемы рабочих проходов и формулы подсчета производительности машин.** Перемещение почво-грунта при планировке, в зависимости от условий работы, может производиться по трем различным схемам: 1) эллиптической, 2) центральной и 3) поточной.

1) *Эллиптическая, или обычная, схема возки* осуществляется в пределах замкнутой планировочной площадки с однократным забором и отсыпкой грунта за полный рейс агрегата. Особенность этой схемы возки состоит в возможности ее применения в условиях любого рельефа.

Производительность планировочной машины, работающей по эллиптической схеме возки, может быть определена по следующей формуле:

$$P = \frac{60KB}{T_1},$$

где P — производительность в кубометрах в час;

K — коэффициент использования агрегата по времени за смену;

B — объем грунта в плотном теле (в кубических метрах), перемещаемый орудием за один рабочий прием;

T — время в минутах, потребное на осуществление одного рейса; оно меняется в зависимости от дальности возки грунта и равняется:

$$T_1 = \frac{4l_0}{c_1 + c_2} + 2t_{пов} + 2t_n,$$

где l_0 — дальность возки грунта (в метрах); определяется расстоянием между центрами тяжести объемов срезки и насыпи грунта;

c_1 — скорость хода при перемещении грунта в метрах в минуту;

c_2 — скорость холостого хода в метрах в минуту;

$2t_{пов}$ — время двух поворотов агрегата в минутах;

$2t_n$ — время двух переключений скоростей трактора в минутах.

2) *Центровая схема возки грунта* может быть осуществлена лишь при планировке площадок с наличием по середине их ясно выраженных бугров или западин, а также при насыпке валиков (см. схемы на рис. 141).

При центральной двусторонней возке почво-грунта за один рейс производятся два забора и две отсыпки грунта. Применение центральной возки даст увеличение производительности агрегата за счет сокращения пути на поворотах при ширине центральной полосы разработки не больше 40—50 м.

Производительность агрегата при центральной возке почво-грунта определяется по формуле:

$$P_{ц} = \frac{120KB}{T_2},$$

где $T_2 = \frac{10 l_0}{c_1 + c_2} + 2t_{нов} + 2t_n$.

Обозначения аналогичны принятым в предыдущей формуле.

3) Так называемая *поточная возка грунта* может быть организована лишь на части площадей, планируемых под горизонтальную поверхность (под полив затоплением). Поточная возка требует для своего применения наличия цепочки чеков, расположенной по одноименному склону. Поточная возка грунта организуется одновременно на нескольких чеках таким образом, чтобы и обратный ход, являющийся при обычной возке холостым, здесь использовался как рабочий.

Поточная возка грунта может быть применена только при грубой планировке до

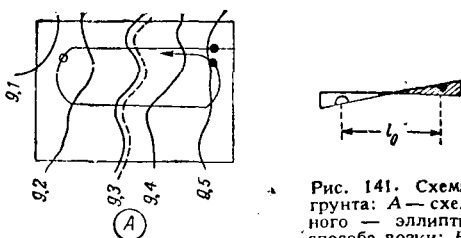
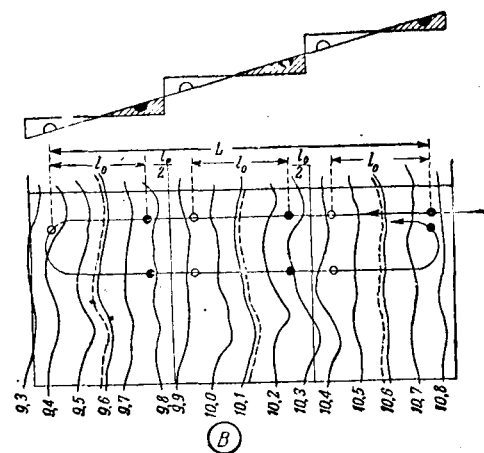
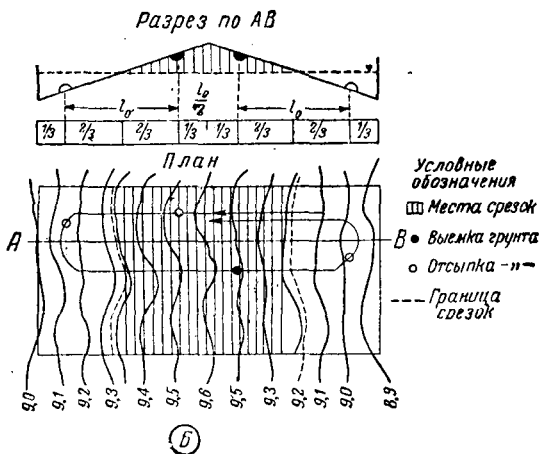


Рис. 141. Схема возки грунта: А — схема обычного — эллиптического способа возки; Б — схема центрального способа возки; В — схема поточного способа возки.



поделки валков, отделочная же работа по допланировке должна осуществляться в пределах каждого чека самостоятельно. Поточная возка грунта обеспечивает наибольшую по сравнению со всеми другими способами возки производительность орудий и может быть определена по следующей формуле:

$$P_n = \frac{60KB \cdot (2H-1)}{T_3},$$

где, кроме уже известных значений, H — число одновременно планируемых чек;

T_3 — время в минутах, потребное на осуществление полного рейса агрегата:

$$T_3 = \frac{l_0(3H-1)}{c} + 2t_{нов};$$

c — среднейрейсовая скорость агрегата в метрах в минуту.

Нормы выработки и расценки на планировочные работы должны приниматься по единым нормам выработки и расценки.

г) **Общие положения по организации и технике производства планировочных работ.** При производстве работ состав планировочной бригады определяется расчетом, исходящим из комплексного и одновременного выполнения всех работ, связанных с планировкой, на определенном строительном участке.

Практика производства планировочных работ показала, что наиболее приемлемое количество машин в бригаде — 6—7. В качестве одного из возможных вариантов состава машин в бригаде приводим следующий:

Тракторные ползунковые скреперы емкостью 0,35 м ³	6
Грейдер тяжелого типа	1
Плуг трехкорпусный	1
Тракторы колесные типа СТЗ-ХТЗ 15/30	6
Тракторы гусеничные ЧТЗ-60	1

Во главе бригады, кроме бригадира, ответственного за техническое состояние машин, ставится десятник, в обязанность которого входит непосредственное руководство всеми производственными процессами на стройучастке и осуществление технического контроля за работой.

Для проведения руководства производством планировочных работ десятник должен иметь при себе рабочую схему планируемой площадки с показанием на ней глубин срезок и высот насыпей почво-грунта (см. рис. 142).

По мере необходимости техник должен производить поверочную нивелировку и составлять новые рабочие схемы работ.

Рабочие схемы площадок являются основным документом, освещающим ход работ по планировке и фиксирующим момент их окончания.

Проверочная нивелировка площадок проводится упрощенно в следующей последовательности:

1) По двум длинным противоположным сторонам карты или чека разбиваются прямые линии с закреплением точек через каждые 10 или 20 м вешками.

2) Одноименные вешки (например, 1—1, 2—2 и т. д., см. рис. 143) отмечаются какими-либо одинаковыми отметками (флажками одинакового цвета, пучками соломы или травы и т. д.).

3) Нивелировка проводится по створам одноименных вешек, причем рейка переставляется на расстояние, отмеряемое шагами.

4) Взгляды точек наносятся во время нивелировки на лист бумаги, ориентированный относительно оросительной сети. Средняя плоскость, глубины срезок и высоты насыпей, а также подсчет оставшейся куба-

туры планировочных работ в данном случае определяются по методу точек (см. выше).

Приемка выполненной работы производится на основании специально разработанной для определенных условий инструкции. Ориентировочно можно принять, что при планировочной работе, выполняемой скреперами ползункового типа с последующей доработкой грейдерами, точность планировки может быть достигнута равной ± 5 см, в том числе на 80% площади равной ± 3 см.

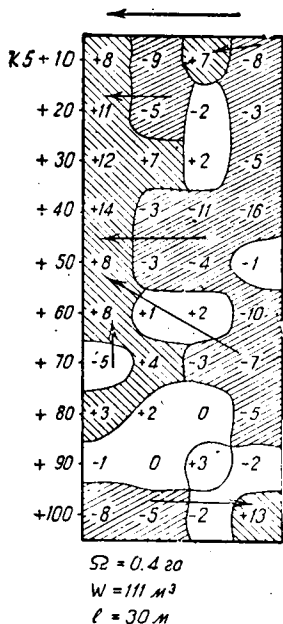


Рис. 142. Рабочая схема по производству планировочных работ.

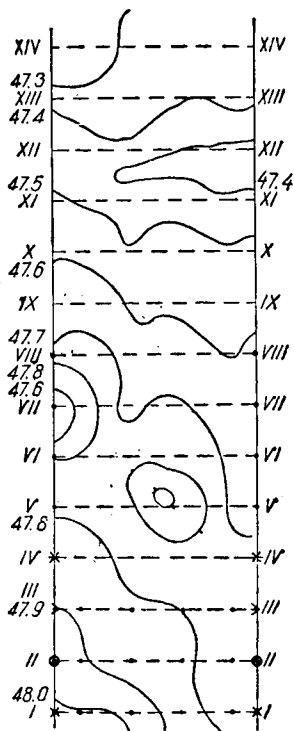


Рис. 143. Схема разбивки створов при нивелировке.

Планировка может проводиться на свободных, не занятых посевами площадях одновременно со строительством ирригационной сети.

В том случае, когда планировка проводится на освоенной территории, работы по планировке растягиваются на ряд лет и проводятся отдельными полями в увязке с севооборотом: прежде всего под планировку отводится паровое поле и, кроме того, могут планироваться поля после уборки яровых культур в осеннее время.

§ 91. Вопросы эксплуатации спланированных площадей

Планировка полей сопровождается отчуждением части верхнего плодородного слоя почвы в местах срезов и увеличением гумусового слоя в местах насыпей. В силу этого на спланированном поле соз-

дается пестрота почвенного покрова, как по мощности, так и по плотности.

Основными необходимыми мероприятиями, способствующими уничтожению пестроты почвенного покрова и увеличению урожая культур на спланированных площадях, являются следующие *:

1) осенне-зимняя влагозарядка или же на засоленных землях — промывка (кроме полей, отведенных под культуру риса);

2) обязательное внесение усиленных доз смешанного минерально-органического удобрения на места срезов почвы;

3) тщательная обработка полей (равномерная, глубокая вспашка и хорошая разделка почвы после вспашки);

4) посев в первый год после планировки бобовых культур инокулированными (зараженными почвенным нитрагином) семенами.

ГЛАВА XIV

БОРЬБА С ПОТЕРЯМИ ВОДЫ В ИРРИГАЦИОННОЙ СЕТИ

§ 92. Система мероприятий по борьбе с потерями воды в ирригационной сети

Потери воды в ирригационных каналах влекут за собою:

а) подъем уровня грунтовых вод и происходящее в силу этого заболачивание и засоление орошаемых площадей;

б) увеличение как капитальных затрат на устройство ирригационной системы, так и эксплуатационных затрат;

в) сокращение орошаемых площадей при ограниченности водных ресурсов.

В систему мероприятий по борьбе с потерями в ирригационной сети входят следующие мероприятия:

1) сокращение потерь путем надлежащего проектирования и устройства трассы и профиля ирригационных каналов;

2) эксплуатационные мероприятия;

3) применение антифильтрационных одежд каналов.

§ 93. Сокращение потерь путем надлежащего проектирования и строительства ирригационной системы

При проектировании и строительстве ирригационной системы применяются следующие мероприятия, направленные к уменьшению потерь в сети:

а) **Максимальное сокращение холостых пробегов воды.** С этой точки зрения при проектировании должны быть рассмотрены все варианты

* Литература по данному вопросу:

1) «Труды конференции по почвоведению и физиологии культурных растений», т. II Сар. обл. гос. изд., 1938 г. Статья К. И. Зайцева «Влияние планировки на плодородие чернозема и на методы восстановления плодородия в нем» (Безенчукская оп. станция).

2) «Труды рисовой станции» вып. VII, изд. ВАСХНИЛ, 1937 г. Статья М. В. Бородина и Г. А. Данова «Влияние планированного и непланированного рельефа на развитие и урожай риса».

3) Журнал «За устойчивый урожай на юго-востоке», № 5, 1939 г., Сельхозгиз. Статья Н. П. Самсоновой и Б. А. Пиуновского «Планировка орошаемых площадей в Заволжье».

г) **Трассировка каналов, сокращающие протяженность сети, так как потери на фильтрацию прямо пропорциональны длине каналов.**

б) Выбор трассы канала с тщательным учетом проницаемости почвогрунтов. Ввиду того что фильтрационные потери прямо пропорциональны коэффициенту фильтрации грунтов, при выборе вариантов трассировки сети следует особо серьезно учитывать расположение каналов в отношении почвенно-грунтовых условий.

При проектировании и устройстве мелкой сети в случае наличия значительной комплексности почвенных условий следует учитывать этот фактор, выбирая соответствующим образом расположение каналов (так, например, следует избегать местных включений с почвами легкого механического состава).

в) Выбор формы поперечного сечения каналов. Выбор надлежащей формы поперечного профиля каналов может обеспечить сокращение фильтрационных потерь, причем особо должны быть учтены капиллярные свойства грунта.

Соображения, которыми следует руководствоваться в данном случае, изложены в разделе «Гидравлический расчет и элементы поперечного профиля оросительных каналов».

г) Мероприятия по уменьшению потерь при проектировании и устройстве сооружений. При проектировании и устройстве выпускных и перепораживающих сооружений особое внимание должно быть уделено плотности их затворов как на крупной, так и на мелкой сети, причем для последней этот вопрос особенно важен ввиду работы ее в основном по водообороту.

Помимо разработки и выбора конструкции затвора, обеспечивающей плотное и надежное прилегание щита по всему периметру, необходимо применение специальных уплотнительных устройств.

д) При устройстве дамб каналов должно быть обеспечено надлежащее уплотнение грунта в теле дамб с предварительным разрыхлением его при глыбистой структуре; невыполнение этого условия влечет за собой значительное повышение потерь на фильтрацию.

§ 94. Эксплуатационные мероприятия по борьбе с потерями

1. Основным эксплуатационным мероприятием по уменьшению потерь в ирригационной сети и по повышению коэффициента полезного действия системы является *введение на ирригационных системах определенных планов водопользования и водооборота, составленных в соответствии с условиями работы данной системы.*

При этом принимается, что чем компактнее расположены одновременно работающие каналы, чем меньше длина каналов на единицу работающего расхода воды, тем выше коэффициент полезного действия. С этой точки зрения при уменьшенной подаче воды в систему следует переходить к очередному водопользованию.

Опыты проведения планового водопользования в Средней Азии дают следующие результаты (см. табл. на стр. 286).

2. Второй существенной мерой борьбы с потерями при эксплуатации каналов является своевременная и надлежащая очистка и ремонт каналов.

Заращение каналов, создавая повышенную шероховатость, влечет за собою уменьшение скорости течения и увеличение смоченного периметра. В силу этого сильно заросшие каналы теряют воды больше, чем чистые каналы.

Повышение коэффициента полезного действия системы в связи с введением планового водопользования (в числителе — к. п. д. до введения планового водопользования, в знаменателе — после введения)

Название системы	Коэффициент полезного действия	
	Вегетационный период	Критический период
Араван-Сай	0,38	0,41
	0,48	0,58
Кассан-Сай	0,23	0,40
	0,36	0,52
Голодная степь	0,42	—
	0,54	—

Во избежание нарушения верхнего уплотненного слоя грунта при очистке от сорняков рекомендуется производить ее весной выжиганием, а в течение оросительного периода низко скашивать сорняки.

В качестве меры борьбы с сорной растительностью применяются химические способы борьбы с сорняками, например, осенняя обработка почвы раствором мышьяковистого натрия (водный раствор, содержащий 0,4% мышьяковистого ангидрида и 0,2% гидрата окиси натрия).

3. Для каналов периодического действия в ряде случаев, при сильной трещиноватости грунта в русле каналов в результате просушки, а также при интенсивной деятельности землероев, — полезным мероприятием для уменьшения потерь может явиться поверхностное рыление дна и откосов каналов.

§ 95. Антифильтрационные одежды

1. Типы антифильтрационных одежд

Радикальной мерой в деле борьбы с потерями на фильтрацию в ирригационных каналах является применение антифильтрационных одежд русла каналов, причем под общим термином «одежды» подразумеваются все способы уменьшения фильтрации в дне и откосах канала.

Основные из них подразделяются на следующие категории:

1) Облицовки из бетона с применением специальных инертных материалов (щебень, песок и т. д.):

а) на основе вяжущих материалов неорганического состава (цементобетонная облицовка);

б) на основе вяжущих материалов органического состава (асфальтовые, смоляные одежды);

2) Одежды из грунто-бетона с применением в качестве инертного материала естественного грунта:

а) без применения вяжущих веществ (глиняные одежды);

б) с применением вяжущих веществ неорганического состава (цемент, известь, силикат);

в) с применением вяжущих веществ органического состава (битум, смолы, нефть).

Одежды этих видов могут быть получены как путем предварительного изготовления грунто-бетона с укладкой его в русле канала, так и путем смешивания с грунтом на месте или же пропиткой, а также инъекцией.

3) Химическая обработка грунта русла канала веществами, воздействующими на его агрегатный состав и уменьшающими водопроницаемость грунта.

4) Мостовые на растворе с применением естественного камня, кирпича и т. д.

2. Выбор типа одежды

К способам предупреждения потерь на фильтрацию предъявляются следующие основные требования: 1) водонепроницаемость, 2) дешевизна, 3) прочность, 4) долговечность и 5) устойчивость к изменению температурных условий.

Экономическая оценка при выборе того или иного способа защиты канала от потерь может быть произведена, исходя из следующего подсчета:

$$c \leq 86,4 \cdot \frac{Q \cdot \sigma \cdot A \cdot t}{r \cdot P} \text{ рублей,}$$

где c — стоимость квадратного метра поверхности одежды;

Q — расход канала в кубических метрах в секунду;

σ — процент потерь на 1 км, сберегаемый благодаря одежде;

A — ценность оросительной воды в рублях за 1 м³;

t — число дней работы канала в году;

r — процент амортизации и ремонта одежды;

P — смоченный периметр канала в метрах.

Однако, помимо этого, следует учесть следующие стороны влияния одежды:

- 1) уменьшение сечения каналов и земляных работ;
- 2) возможность увеличения скоростей, уклонов и расходов каналов;
- 3) уменьшение числа перепадов и размеров искусственных сооружений;
- 4) уменьшение эксплуатационных расходов по очистке каналов от наносов.

А. Н. Костяков дает следующую сравнительную таблицу с расположением главнейших типов одежд в убывающем порядке с точки зрения удовлетворения основным требованиям.

Водонепроницаемость	Торкрет, глина, асфальт, бетон, нефть, силикат.
Прочность	Железо-бетон, бетон, асфальт, глина, силикат, нефть.
Морозоустойчивость	Асфальт, силикат, торкрет, нефть, бетон, глина.
Солеустойчивость	Силикат, глина, асфальт, нефть, бетон.
Увеличение скоростей	Торкрет, бетон, асфальт, глина, силикат, нефть.

Инж. Макридин для первоначальной ориентировки в отношении возможности применения тех или иных видов одежды при разных условиях рекомендует следующую схему (см. табл. на стр. 288).

Условия, определяющие возможность применения различных одежд каналов

Условия	Подходит	Не подходит
Вода в процессе строительных работ	Цементный бетон Силикатный »	Асфальтовый бетон Глина
Текущая вода при эксплуатации	Цементный бетон Асфальтовый »	Глина Силикатный бетон
Мороз в присутствии воды	Асфальтовый бетон Силикатный »	Глина Цементный бетон
Высоклетние температуры	Цементный бетон Силикатный » Глина	Асфальтовый бетон
Соли в почве	Асфальтовый бетон Силикатный » Глина	Цементный бетон
Сосредоточенное механическое действие	Железо-бетон	
Общая деформация (осадка)	Асфальтовый бетон Глина	Цементный бетон

По стоимости устройства типы одежд могут быть расположены в следующий возрастающий ряд: химическая обработка, поверхностная пропитка вяжущими веществами, глина, грунто-бетоны, асфальто-бетоны, бетон, железо-бетон.

3. Бетонные одежды

а) Типы бетонных одежд. Наибольшей распространенностью для облицовки каналов пользуются бетонные одежды.

Бетонные одежды, как правило, устраиваются из сплошного слоя, причем температурные швы в современных одеждах совпадают со строительными швами.

Бетонная одежда может состоять также из отдельных плит, изготовляемых заранее и укладываемых на место после подготовки основания. Преимуществом этого способа является лучшее качество бетона и возможность производства укладки в более короткие сроки. Пока этот тип одежды не получил распространения главным образом ввиду обусловленных прежними способами производства работ небольших размеров плит, что вело за собой наличие множества швов и связанных с этим неудобств. С внедрением механизации работ этот способ может получить более широкое применение.

Бетонные одежды, состоящие из сплошных поверхностей, имеют разные устройство и состав в зависимости от назначения одежды, от размера канала, расхода материала и от способа производства работ.

Одежды, служащие главным образом для защиты русла от разрушения, в массе своей состоят из тощего бетона — 1 : 16 или 1 : 12, дающего прочность одежде, но легко пропускающего воду и не обладающего достаточной морозоустойчивостью. Поэтому в таких случаях морозоустойчивость и отчасти водонепроницаемость достигаются добавлением поверхностного слоя из жирного цементного раствора или из другого вещества, например, асфальта, а также заиливанием канала.

Для ирригационных каналов первенствующее значение имеет борьба с фильтрацией, почему одежда их делается из более плотного бетона — 1 : 6 или 1 : 8.

Своеобразный тип представляют торкретные одежды, наносимые пневматическим способом. Особенностью их является слоистость, образующаяся благодаря «отскоку» крупных частиц от твердого основания при начале торкретирования. Торкретные одежды обладают очень высокой водоупорностью, которая повышается с увеличением числа слоев.

В силу этого торкретные одежды особенно подходят для ирригационных каналов.

б) Формы поперечного сечения бетонизируемого канала. С точки зрения одежды желательна более глубокая форма поперечного сечения канала, дающая максимальный гидравлический радиус и обеспечивающая наименьшую площадь облицовки и наименьшие гидравлические потери.

При обычных способах производства работ за основную форму поперечного сечения канала следует принимать трапециевидную с возможным приближением к углубленной, гидравлически панвыгоднейшей форме. Применять другие формы сечения можно только тогда, когда этого действительно требует прочность сооружения, считаясь с тем, что это вызовет удорожание в 2—3 раза.

При крутых откосах (круче угла естественного откоса грунта) одежда должна рассчитываться как подпорная стенка. Однако допускать работу одежды как подпорной стенки не рекомендуется и поэтому делать откосы бетонированных каналов круче угла естественного откоса грунта в мокром состоянии нежелательно. Бетонированные каналы имеют откосы от вертикального до 1 : 1,5. Наиболее употребительны откосы 1 : 1 и 1 : 1,25. Положе 1 : 1,5 откосы встречаются весьма редко.

Откосы круче 1 : 1 нельзя бетонировать обычным способом без форм, так как сырой бетон с таких откосов сползает. А применение форм при бетонировании вызывает удорожание работ, доходящее до 50% их стоимости. Зато увеличение крутизны откосов свыше 1 : 1 дает экономию в кубатуре выемки и площади одежды. Поэтому для каждого отдельного случая решение должно быть найдено по совокупности всех условий.

в) Толщина бетонных одежд. Толщина бетонных одежд изменяется в довольно широких пределах. Крупные каналы типа утилизационных и больших магистральных каналов имеют более толстую облицовку; на мелких оросительных каналах толщина облицовки меньше. Особо значительную толщину имеют облицовки каналов вблизи плотин, шлюзов, быстротоков и т. п.

1. Одним из основных факторов, определяющих рациональную толщину облицовки, является состав бетона. Одежды из тощего бетона состоят от 1 : 12 до 1 : 16, применяемые в целях экономии на современных крупных утилизационных каналах, имеют толщину 10—20 см. Дно и нижняя часть откосов обычно не делаются тоньше 15 см.

Одежды, применяемые для крупных ирригационных каналов, обычно имеют состав не беднее 1 : 3 : 6 (цемент : песок : гравий) и толщину от 7,5 до 20 см с тенденцией несколько увеличивать толщину облицовки на дне. Большинство этих облицовок имеет толщину порядка 7,5—10 см, каковые пределы и надо считать типичными для этих облицовок.

Толщина облицовки для распределителей находится в пределах 3,75—5 см и редко больше.

2. Вторым весьма существенным фактором является минимальная температура, при которой будет работать облицовка. При промерзании не рекомендуется класть облицовку тоньше 4 см, а еще лучше — 8 см. Опыт показывает, что такие облицовки выдерживают температуру до -15°C . А облицовки в 7,5 см работали хорошо при -23°C , когда земля промерзала не меньше чем на 60 см. В климате, не угрожающем морозами, минимальная толщина может быть 2—3 см.

3. Третьим фактором, влияющим на толщину облицовки, является характер основания и обеспеченность отвода воды из-под облицовки. Если основание хорошо дренировано и швы в облицовке устроены так, что вынос грунта из-за облицовки невозможен, то, как показывает опыт, облицовки и в 2 см служат удовлетворительно. Однако и в самых благоприятных случаях лучше не делать облицовок тоньше 2—3 см.

Минимальная толщина облицовки определяется не водонепроницаемостью ее, а промерзаемостью и теми строительными приемами, которые позволяют получать на существующем основании ровный слой облицовки. При неровности основания, например, при грубо обделанных откосах скальной выемки, приходится увеличивать толщину облицовки до 15—20 см. В проекте ирригационных систем Колумбии, климатические условия которой близки к условиям засушливых районов СССР, были приняты следующие толщины облицовок в зависимости от глубины воды в канале:

Толщина облицовок на ирригационных системах Колумбии

Глубина воды (в метрах)	Толщина облицовки (в сантиметрах)	Глубина воды (в метрах)	Толщина облицовки (в сантиметрах)
8,84	20,3	4,27	14,0
5,80—6,10	19,0	3,35—3,66	12,7
5,20—5,50	17,8	2,74—3,05	11,4
4,88	16,5	1,88—2,44	10,2
4,57	15,2	1,22—1,53	7,6

Сопряжение одежды дна с подошвой откоса является наиболее слабым местом всего профиля. Поэтому стремятся бетонировать всю полосу облицовки поперек канала сразу и не устраивать у подошвы откоса продольного шва. Если этого нельзя избежать, то заглубляют подошву облицовки в дно. Если облицовка заканчивается непосредственно у подошвы откоса, то в этом случае ее несколько утолщают, создавая упор против возможного сползания нижней части облицовки.

Верхний край одежды оканчивается бермой, шириной 10—15 см, а на косогорах — 15—20 см. Однако, учитывая нецелесообразность устройства берм при движении по дамбам, устройство работ при механизации, отказ от устройства берм является вполне допустимым. Облицовку не обязательно доводить до верха откоса, в этом случае превышение ее над максимальным горизонтом в канале не должно быть меньше 15 см для малых каналов и 30 см для больших каналов.

г) **Устойчивость бетонной одежды на опрокидывание.** Облицовка, уложенная на откос положе угла естественного откоса данного грунта, на опрокидывание не рассчитывается. Угол естественного откоса зависит, кроме механического состава грунта, еще от влажности его.

При угле облицовки, круче естественного, облицовка испытывает давление P на 1 пог. м, выражающееся формулой:

$$P = \frac{1}{2} wh^2 \frac{\sin^2 \frac{1}{2}(\theta - \varphi)}{\sin \theta \cdot \sin^2 \frac{1}{2}(\theta + \varphi)}$$

- где w — вес 1 м³ земли в килограммах;
 h — высота бетонной одежды в метрах;
 θ — угол ее с горизонтом;
 φ — угол естественного откоса грунта.

При дополнительной максимальной земляной нагрузке на поверхность откоса имеем:

$$P = \frac{1}{2} wh^2 \frac{\sin^2 1/2(\theta - \varphi)}{\sin^2 \theta}.$$

Толщина бетонной облицовки определяется из следующего условия: опрокидывающий момент давления земли, равный $P \cdot \frac{h}{3}$, не должен превышать момента от веса бетонной одежды.

д) **Швы и их расчет.** При работе бетонной одежды в ней образуются трещины. Они происходят от трех причин: 1) от изменения, в частности, от понижения температуры облицовки; 2) от сокращения объема бетона при схватывании; 3) от осадки грунта под облицовкой. С целью регулирования могущих возникнуть трещин их приурочивают к конструктивным швам. Расстояние между последними должно быть таково, чтобы накапливающееся в массе бетона между швами напряжение не превосходило допускаемого напряжения бетона на растяжение:

$$L = \frac{2fs \cdot 10\,000}{wf},$$

где L — искомое расстояние между поперечными швами в метрах;
 w — вес 1 м² облицовки в килограммах;
 f — коэффициент трения (зависит от характера основания, равен 2 для бетонных дорог);
 t — толщина облицовки в метрах;
 s — допускаемое напряжение бетона на растяжение в килограммах на квадратный сантиметр.

Определение L по указанной формуле производится при опорожненном канале. При наполненном канале давление воды вызовет сжимающие напряжения в бетоне, которые, складываясь с растягивающими напряжениями, дадут более выгодную для облицовки равнодействующую, чем при отсутствии воды.

На практике расстояние между швами устраивается от 1,5 до 5 м и более, а чаще всего от 2,5 до 3,5 м при толщине одежды 5—7,5 см. Оно зависит от ширины бетонированной полосы. При машинной бетонировке эта ширина определяется шириной хода рабочей тележки и в современных машинах составляет от 3 до 9 м и более. При ручной бетонировке ширина бетонированной полосы может регулироваться по желанию. Она тем меньше, чем выше и круче откос и чем влажнее бетон.

Ширина швов определяется строительными приемами и составляет от 10—12 до 100 мм (1—1,2 до 10 см).

Современные швы имеют самое простое устройство, сводясь часто к простой бороздке в бетоне, заполненной асфальтом, или к щели с прокладкой толя. В большинстве современных одежд швы устраиваются в виде бороздок, оставляемых направляющими брусками при укладке вручную или нарезаемых специальным пожом, как в машине Динглера. Эти борозды заполняются асфальтом или бетоном, но без трамбования и укатывания. В таком типе шва существенным является ослабление профиля одежды, заставляющее ее ломаться в этом месте. Иногда это ослабление осуществляется прокладкой доски, поставленной на ребро, размером 12 × 100 мм. Доска сверху бетонруется. В случае разрушения бетонного покрытия в этом месте последнее заменяется асфальтом. Во избежание вымывания грунта сквозь случайно раскрывшиеся швы облицовку рекомендуется укладывать на слой гравия толщиной 15—20 см.

В дне канала швы допускаются и устраиваются обычно через 3—4 м, так что облицовка дна получается в виде квадратов по 3—4 м в стороне. Существует тенденция избегать продольного шва между подонковой откоса и дном канала. Имеются даже специальные типы бетонозирочных машин, где это требование принято во внимание.

Специальные конструкции швов, имеющих сложную форму или особое уплотнение, вытесняются из новейшей практики простым швом впритык, заполненным цементным раствором, сохраняясь только там, где неудачное стечение температурных условий или большая длина панелей заставляют опасаться раскрытия швов.

е) Армированные одежды и их расчет. Армированные бетонные одежды применяются:

- 1) при неустойчивых грунтах или крутых откосах;
- 2) при наличии гидростатического давления позади облицовки или при опасности вспучивания грунта;
- 3) при угрозе оползней.

Толщина железо-бетонных облицовок — 7,5—10 см. Арматурой служит круглое железо 5—10 см толщиной или, чаще, проволочная сетка.

Арматура закладывается вдоль и поперек оси канала. Количество железа в продольной арматуре может быть определено расчетом в предположении, что бетон не несет никаких растягивающих усилий, а работает одна арматура.

Сечение арматуры a на площади $b \times t$ определяется из следующего выражения:

$$a = \frac{L \cdot f \cdot w \cdot b}{2s_1}, \quad (1)$$

где b — принятое расстояние между продольными швами в метрах;
 s_1 — допускаемое напряжение на растяжение железа до 1 800 кг/см²; остальные величины — по стр. 291.

В выражении (1) количество арматуры не зависит от сцепления бетона, поскольку мы допускаем, что арматура воспринимает полностью все растягивающие усилия. В действительности растягивающие напряжения существуют и в бетоне, и потому невозможно построить облицовку, которая не давала бы трещин. Сила трения приложена непосредственно к бетону. Следовательно, она должна передаваться арматуре по поверхности сцепления бетона с железом. Отсюда необходимо условие, чтобы поверхность передачи соответствовала передаваемому усилию. Если принять, что среднее напряжение сцепления бетона с железом равно среднему растягивающему напряжению бетона, то получим:

$$\frac{s \cdot L \cdot \pi \cdot d}{2} = s \cdot A, \quad (2)$$

где d — диаметр стержня арматуры в метрах;
 A — площадь поперечного сечения бетона в квадратных метрах, приходящаяся на один стержень арматуры.
 Остальные величины — как выше.

Отсюда:

$$\frac{L \cdot \pi \cdot d}{2} = A, \quad (3)$$

с другой стороны,

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{100p}{p}, \quad (4)$$

где p — процентное содержание арматуры,

Приравнявая между собою выражения (3) и (4), получим после преобразования

$$L = \frac{d \cdot 100}{2p}. \quad (5)$$

Здесь p может быть определено из выражения:

$$f_{жс} = f_б \left(n + \frac{100}{p} \right), \quad (6)$$

где $f_{жс}$ — растягивающее напряжение в арматуре в килограммах на квадратный сантиметр;

$f_б$ — растягивающее напряжение в бетоне в килограммах на квадратный сантиметр;

n — отношение модулей упругости железа и бетона;

p — процентное содержание железа в сечении одежды.

Выражение (5) есть условие достаточности поверхности арматуры (d) по отношению к величине передаваемого усилия (p и L).

Если сцепление между бетоном и железом будет недостаточно, т. е. d велико по отношению к p , то в выражении (5) L возрастает. Но тогда возникает опасность, что бетон будет перенапряжен и именно он, а не арматура, определит положение трещин. Если же сцепление будет слишком велико, т. е. d мало по отношению к p , или что то же, арматуры данной крупности будет слишком мало, то L в выражении (5) уменьшится. В этом случае будет перенапряжена арматура, и необходимо увеличить диаметр стержней.

ж) Дренаж бетонных одежд. Если уровень грунтовых вод может подняться настолько, что будет стоять выше дна канала позади облицовки, то могут появиться: 1) добавочное давление мокрого грунта на облицовку и разрушение ее; 2) замерзание воды позади облицовки с выпучиванием и разрушением последней; 3) возможна также прямая фильтрация грунтовой воды в канал с выносом в него частиц грунта сквозь швы и трещины облицовки и с образованием опасных пустот позади облицовки. Для устранения этих явлений приходится прибегать к искусственному удалению воды изза облицовки, к дренажу ее.

При расположении канала на косогоре вдоль него закладывается дрена, проходящая по середине его или под подошвой нагорного откоса. Последнее расположение выгоднее, поэтому дрена следует вывнуть максимально навстречу грунтовому потоку, не прибегая, однако, к специальным земляным работам, т. е. надо уложить ее не дальше, чем под подошвой нагорного откоса. Иногда применяются две дрены под обоими откосами (или вторую дрена укладывают под серединой канала). Такое расположение следует считать обязательным при незначительном или нулевом уклоне косогора, близком зеркале грунтовых вод и небольшим заглублении дрен. Глубина этих дрен в современной практике принимается около 0,3 м под дном канала. Но наилучшим решением будет сплошное покрытие откоса дренирующим слоем толщиной 15—30 см, который одновременно будет служить и для уплотнения грунта. Материал в этом слое лучше располагать сортированным по крупности: самый мелкий — в сторону грунта, самый крупный — в сторону бетона. Воду из такого пласта можно свести к той же продольной дрене, которая будет играть в этом случае роль коллектора. В более простом случае, когда грунт прочен, вместо сплошного слоя закладывается ряд дрен, представляющих собой канавки, наполненные камнем и расположенные по откосу через 1,5—3 м по линии наибольшего ската.

Продольные дрены укладываются в современной практике из труб диаметром 10—20 см, имеют открытые швы, обсыпаются гравием до

верха канавки и сверху по гравию закрываются толем или цементируются.

Продольные дрены сбрасывают воды за низовой наружный откос канала или в канал. В первом случае работа дренажа вполне обеспечена. Дрены попарно сходятся с поперечным выпуском, помещаемым через 100—250 м. Швы выпусков цементируются. Из выпусков вода собирается в открытую канаву, идущую по косогору ниже канала.

з) Состав и свойства бетона. Бетон, применяемый для облицовок, должен обладать прочностью, водонепроницаемостью, солеустойчивостью и пластичностью. Из них водонепроницаемость является основным свойством.

Свойства бетона зависят от состава его, от способа приготовления и укладки в дело. Для одежд в современной ирригационной практике применяются составы более жирные — от 1 : 6 до 1 : 9 или от 1 : 2 : 4 до 1 : 3 : 6; более тощие составы — от 1 : 12 до 1 : 16 — применяются на современных крупных утилизационных и судоходных каналах.

Первый тип облицовки делается с расчетом на водонепроницаемость, поэтому поверхность одежды, как правило, покрывается смазкой из цементного раствора состава 1 : 2 или 1 : 3.

Добавки к цементу трасса, пуццоланы и других вулканических веществ увеличивают водоупорность бетона. Величина добавки зависит от состава бетона и принимается обычно:

2% при составе бетона	.....	1:1,5:3
3% » » »	.....	1:2,0:4
4% » » »	.....	1:2,5:5
5% при том же составе, но со щебенкой вместо гравия.		

Прибавка нефти в количестве от 5 до 15% от веса цемента несколько понижает крепость бетона, но зато повышает водоупорность и упругость его, в частности, уменьшает его усадку при схватывании. Нефтяные добавки повышают также сопротивление бетона разрушающему действию солей. Такое же действие оказывают и силикатные добавки.

При определении категории бетона учитывается способ производства работ, так как консистенция бетона определяет возможности работы с ним на откосе.

4. Производство работ по устройству бетонной одежды

Производство работ по устройству бетонной одежды состоит из следующих операций: а) подготовка основания под одежду, б) отвод грунтовой воды, в) приготовление бетонной смеси и укладка на место, г) выдерживание бетона в период схватывания, д) уплотнение поверхности против фильтрации и мороза.

а) Подготовка основания под одежду. Подготовка основания под одежду имеет двоякую цель: 1) уплотнение откосов и дна, 2) придание им правильной поверхности перед укладкой облицовки. Простейшим средством уплотнения является замочка канала. Продолжительность замочки — от 2 часов до 14 дней, смотря по характеру грунта и содержанию в нем влаги. Замена замочки обрызгиванием поверхности перед укладкой бетона недостаточна.

Дальнейшее уплотнение вместе с планировкой производится местным грунтом и только в случае неключительно плохого грунта делается специальная песчано-гравелистая подсыпка толщиной 15—20 см. Последняя служит и для дренажа.

Уплотнение местным грунтом делается в небольших каналах вручную с помощью форм. В более крупных каналах планировка и уплотнение откоса выполняется без форм вручную с помощью особых передвижных

приспособлений. Наконец, в очень больших каналах эта работа выполняется особой машиной.

Формы для отделки откосов, а также и для бетонировки, удобно применять только в каналах не шире чем 2,5—3 м поверху. Откосы положе 1 : 1 тоже препятствуют применению форм вследствие выпирания последних при трамбовании засыпаемого за формы материала. Вместо насыпки грунта за формы иногда заливают полужидкий грунт.

Способ подготовки основания без форм, вручную, наиболее распространен. Он применяется на крупных ирригационных каналах и заключается в следующем.

Вдоль грубо отрытого канала пробивают две линии: одну — по бровке откоса, другую — вдоль подошвы его. Опорой при пробивке этих линий служит ось канала. По ней ориентируется шаблон, указывающий точнее положение откосов, которое и отмечается колышками. В больших каналах линии прокладываются с помощью теодолита и нивелира. Колышки ставятся примерно через 5 м, на закруглениях — чаще. После этого на поверхность откоса, между каждой парой колышков, укладывают строго по откосу маячные бруски. По ним ходит волокуша из толстой доски, снабженная железным лезвием для срезки выступов.

В применяемой для планировки откосов машине Динглера планировка производится скреперной тележкой, которая ходит по полозьям, прикрепленным к нижнему тягусу стрелы машины; производительность ее составляет 1 500 м² планированного и укатанного откоса в день. Машина облегченного типа дает 500—600 м².

В США сконструирована планировочная машина двустороннего действия, обрабатывающая одновременно полный профиль канала и дающая выработку 2 700—3 200 м² в смену.

б) Приготовление и транспортирование бетона. Бетонные работы по облицовке каналов отличаются чрезвычайно растянутым фронтом. Поэтому наиболее употребительна такая организация работ, при которой материал сперва подвозится к балластному пути, проложенному вдоль канала, а затем доставляется балластными поездами к подвижной бетонерке, которая находится у самого места укладки, или прямо к машине, производящей укладку.

Иногда бывает выгодно сосредоточить производство бетона в нескольких местах и распределять его по работам уже в виде готовой смеси. Такие места выбираются заранее еще во время производства земляных работ. К ним по узкоколейке свозится песок и гравий. Расстояние между этими временными заводами практика по бетонировке крупных утилизационных каналов рекомендует брать не больше 3 км, так как перевозить бетон дальше чем за 1,5 км не рекомендуется.

Подача воды в достаточных количествах во всех стадиях работы имеет первостепенное значение, начиная с замочки и подготовки русла канала и кончая периодом схватывания бетона. При хорошей организации работ вода должна быть подведена к каждой их точке.

в) Укладка бетона в формы. Укладка бетона на подготовленную поверхность должна идти по возможности вслед за планировкой. Укладка производится вручную или машинами.

Формы для бетонной облицовки употребляются в тех же случаях и того же вида, что и формы для отделки откосов. Разница лишь в том, что у подошвы бетонопроходные формы дают утолщение облицовки. Отдельные звенья форм при бетонировке устанавливаются не сплошь, а через одно звено, для того, чтобы получить на границах каждого звена линии слабого схватывания бетона. Эта линия, идущая поперек всего сечения, образует конструктивный, а одновременно и температурный шов. В него при бетонировке может быть заложен толь. После затвер-

дения все звенья передвигаются на соседние пустые пролеты. Бетонировка происходит без вынимания форм из капала и с наименьшей передвижкой их вдоль канала. Бетон применяется как жидкий, так и пластичный. Последний трамбуется при укладке железными прутьями, а при наливке жидкого бетона земляные стенки защищаются железными оцинкованными листами в целях предупреждения порчи откоса при заливке бетона.

Желательно, чтобы перед укладкой одежды канал дал полную осадку. Откос, с которым соприкасается бетон, непременно должен быть сырым.

Практика показывает, что при употреблении форм получается удорожание работ до 50%. Поэтому форм следует избегать, применяя их только при откосах канала круче 1 : 1. В этом случае стоимость форм будет в известной мере компенсироваться уменьшением кубатуры земляных работ.

г) Укладка бетона без форм. Чтобы бетонная смесь до затвердения могла держаться на откосе, последний должен быть не круче одинарного или, еще лучше, полуторного. Сперва укладываются направляющие или маячные бруски попереk откоса. Ими откос разделяется на панели шириной в 4 м и более, в зависимости от размеров канала и требуемого расстояния между температурными швами. Между брусками накладывается бетон, разравнивается граблями, трамбуется и сглаживается волокушей, движущейся по направляющим брускам. Желательно бетонировать сразу всю поперечную полосу, не делая продольных швов между откосами и дном или по середине откосов.

д) Механизация бетонирования каналов. Некоторым усовершенствованием при ручной укладке бетона является применение передвижных подмостков, с которых осуществляется подача бетона в нужную точку откоса.

В американской практике нашла применение двусторонняя машина для бетонирования откосов типа Гризли, представляющая собой передвижной мост, создающий возможность одновременной бетонирования обоих откосов. В этой машине подаваемый с моста бетон уплотняется стальными плитами,двигающимися вверх по откосу.

В европейской практике получили распространение бетонировочные машины Динглера, являющиеся усовершенствованием первоначальных типов Коппенгофера и Грюн-Билльфингера.

Основным принципом работы этих машин является вальцевание (укатка) бетона.

Современная машина Динглера производит следующие операции: приготовление бетона, подачу его точно к месту укладки; укладку арматуры, укладку, разравнивание и укатку бетона; затирку поверхности цементным раствором и нарезку продольных и поперечных швов.

Толщина бетонной одежды, изготавливаемой такой машиной, может доходить до 15 см. Производительность бетонерки — 25—30 м³ бетона в час. Общая производительность машины за восьмичасовой рабочий день составляет 1 200 м² при средней толщине облицовки 15 см.

Для бетонирования дна каналов может быть применена обычная дорожная машина*.

В новейших типах машин метод вальцевания заменяется применением вибрации при бетонировании откосов.

Простейшее приспособление такого типа состоит из двух металлических стремянок, между которыми помещается легкий пневматический вибратор платформенного типа, передвигаемый вверх по откосу с по-

* Описание машин Динглера, а также облегченной машины для бетонирования откосов см. в книге Н. В. Макридина «Одежда каналов», ОНТИ, 1936 г.

мощью лебедок и прижимаемый рабочими с помощью особых ручек к поверхности бетона.

Совершенным типом машины этого рода является специальный бетонирующий снаряд, или финишер. Этот снаряд приспособлен для одновременной бетонировки полного профиля канала. За восьмичасовую смену финишер давал выработку в 530 м^3 бетона на длине канала в 152 м и толщине облицовки 15—20 см.

е) Поверхностное уплотнение и выдерживание бетонных одежд. При шероховатой поверхности бетона придание ей гладкости, а также уплотнение производится нанесением на поверхности одежды цементного раствора и растиркой его метлами и терками или нанесением раствора цемент-пункой. В машине Динглера затирка производится самой машиной.

Цементный раствор применяется состава от 1 : 2 до 1 : 3. Толщина смазки может доходить до 1,20 см, и вообще она получается тем меньше, чем ровнее был утрамбован бетон. Смазку откоса необходимо производить по свежему бетону.

За последние годы для предохранения и уплотнения бетонных одежд вместо цементного раствора начали с успехом применять асфальт. Благоприятные результаты, получаемые в этом направлении, очевидно, приведут к более широкому применению асфальта и для защиты бетонных одежд.

Чем быстрее происходит схватывание бетона, тем сильнее его деформация и тем хуже будет его качество. Особенно вредно быстрое высыхание при схватывании. Поэтому стараются замедлить схватывание бетона, поддерживая в нем постоянную влажность. Свежая сырая бетонная одежда должна закрываться в умеренном климате летом не меньше чем в течение 2—3 дней, так как в этот период бетон получает большую часть своей прочности. Бетон покрывается рогожами, соломой, деревянными щитами.

В жарком климате необходимо не только покрывать, но и смачивать бетон из передвижных насосов в течение 7—12 дней.

5. Торкретные бетонные одежды

а) Свойства торкрета. Прочность торкрета больше обычного бетона: на сжатие — в 2,75 раза, на растяжение — в 1,3—1,6 раза. Однако осторожнее считать, что прочность торкрета на сжатие не ниже, по и не выше прочности обыкновенного трамбованного бетона. С увеличением числа слоев прочность торкрета на сжатие увеличивается. Перерывы в работе не оказывают влияния на прочность торкрета, а прибавка цемента ее увеличивает. Прочность торкрета на растяжение выше, чем у обыкновенного бетона, но различными опытам, от 1,3 до 2 и более раз.

Схватывание торкрета происходит быстрее, чем у обыкновенного бетона. После 28 дней сопротивление торкрета растяжению, по видимому, возрастает мало. Модули упругости на сжатие и на растяжение больше, чем для обычного бетона, на 60% при сжатии и на 25% при растяжении. Отношение модулей при сжатии и при растяжении для торкрета — от 7 до 10.

Сцепление торкрета с железом в 2 раза больше, чем бетона, нанесенного вручную.

Весьма важным качеством торкрета является его повышенная водонепроницаемость, которая увеличивается с увеличением числа слоев. Совокупность имеющихся опытов позволяет утверждать, что торкрет может считаться вполне водонепроницаемым в пределах давления до 6—8 атмосфер.

Торкрет оказывается устойчивее обыкновенного бетона в отношении щелочей и кислот. Коэффициент температурного расширения торкрета

несколько выше, чем у обыкновенного бетона, и ближе к коэффициенту расширения железа. Он может быть принят равным 0,0000115. Шероховатость неотделанного торкрета больше, чем обыкновенного бетона. По определениям на ирригационных каналах в долине Рио-Гранде, коэффициент шероховатости торкрета 0,012—0,014. Поэтому вопрос об отделке торкрета представляет известное значение.

б) Торкретирование каналов. Торкретирование каналов требует частых передвижек всего оборудования вдоль канала. При этом компрессор и бетономешалка остаются на месте или они передвигаются вместе с цемент-пушкой и другим оборудованием. В первом случае доставка сухой смеси производится вагонетками. Во втором случае все механизмы монтируются на платформах торкретного поезда, который подходит к самому месту работ и передвигается вслед за ними по мере надобности. Иногда бетоньерка не входит в состав поезда, и к нему подвозится уже готовая смесь.

По данным практики, длина подающих шлангов в горизонтальном направлении доходила до 250 м, подъем вверх — до 80 м и опускание ниже уровня цемент-пушки — до 38 м. Громадное значение при производстве торкретных работ имеет обильное увлажнение торкретируемой поверхности. К нему приходится прибегать потому, что ближайший к поверхности слой торкрета имеет вследствие отскока весьма жирный состав и нуждается в большом количестве воды для нормального схватывания. Нельзя торкретировать поверхности, сквозь которые просачивается вода: ею торкрет будет вымыт. Торкрет не должен наноситься также на поверхности, покрытые водой. Особое значение для торкрета имеет выдерживание его во влажном состоянии в течение 3 или 4 недель после бетонировки.

На ирригационных каналах торкрет получил применение для образования цельных одежд, большей частью армированных металлической сеткой. При таком применении торкрета, особенно в крупных каналах, сказывается неравномерность наносимого слоя.

Стоимость торкрета и одежды из обыкновенного бетона в условиях США была в общем одинаковой.

в) Преимущества и недостатки торкрета. Торкретирование дает особые преимущества при криволинейном профиле канала, например, полуциркулярном или параболическом, когда ручная отделка одежды затруднена. К преимуществам самого торкрета относятся: быстрота производства работ, особенно при криволинейной форме русла; высокая водупорность торкрета, позволяющая рекомендовать его для облицовки каналов, особенно крупных, имеющих одежду из тощего бетона; лучшая морозо- и погодоустойчивость торкрета по сравнению с обыкновенным бетоном; лучшая сопротивляемость торкрета растворам солей, позволяющая с большей надежностью применять его для облицовки каналов в засоленных почвах; более быстрое схватывание торкрета по сравнению с обыкновенным бетоном; лучшая сопротивляемость торкрета растягивающим усилиям, что с большей безопасностью позволяет отказываться от температурных швов.

К недостаткам торкрета относится зависимость качества одежды от искусства сопливщика и протекающая отсюда неоднородность ее. Это вызывает необходимость строгого контроля при производстве торкретирования.

6. Эксплуатация и стоимость бетонных одежд

а) Эксплуатация бетонных одежд. Бетонные одежды требуют при эксплуатации постоянного надзора и мер предосторожности. Все, что вызывает резкие деформации русла, вредно для этих одежд, не обладаю-

ших пластичностью, особенно если они не армированы. Технический надзор должен предупреждать возможность механических повреждений одежды тяжелыми наносами возле голов иригационных каналов или осыпями на крутых склонах; льдом, примерзающим к облицовке и ломающим ее; передвижением по каналу крупных животных, если одежда не рассчитана на это.

При недостаточной прочности облицовках приходится вести борьбу с растительностью путем уничтожения ее химическими на полосе вдоль канала. Надзор должен следить за отводом грунтовой воды от облицовки, т. е. за действием дренажа, проверять его состояние и прочищать его. Он должен следить за поступлением избыточных вод в бетонированный канал при ливнях и сильных пропусках воды, не допускать переполнения канала выше облицовки и обхода ее водой. Подмыв облицовки может происходить не только от поверхностной воды, но и от грунтовой, выступающей при падении уровня сквозь швы и выносящей грунт.

Важно наблюдать за температурным режимом одежды. Для этого следует избегать оставлять канал опорожненным и не пускать в него сильно охлажденной воды в жаркое время, чтобы не вызвать резких деформаций и трещин. Борьбе с морозом должно быть уделено особое внимание при тонких облицовках. Наиболее уязвимым местом в этом отношении является подса облицовки в пределах колебания уровня воды в канале; здесь разрушений наиболее часты. Весной, когда уровень грунтовых вод уже поднялся, но еще возможны сильные заморозки, наступает период, когда чаще всего происходят вспучивания. В этот период необходим усиленный надзор за всеми дренажными устройствами; в особо опасных местах могут потребоваться срочные меры в виде фильтрационных отверстий, разгружающих облицовку от гидростатического напора позади нее. Все замеченные трещины необходимо уплотнять раствором асфальта, закрывать смоленным войлоком и т. п.

Если некоторый кольчатый облицовки может быть полезен, то заиливание бетонированных каналов не должно допускаться как ухудшающее их гидравлические качества. Очистка от ила должна производиться с особой осторожностью на малых каналах, где облицовка тонка.

Из всего сказанного следует, что раз уложенная бетонная облицовка не может быть предоставлена самой себе и внешним влияниям. Без ухода и надзора она откажется служить и разрушится. При хорошем же наблюдении и тщательном уходе хорошо построенная бетонная одежда может служить весьма долгий срок. Армированные облицовки более стойки против механических усилий, не доходят до окончательного разрушения, но надзора в связи с морозом требует не меньше, чем одежды без арматуры.

б) Стоимость бетонных одежд. Стоимость бетонной одежды складывается из стоимости подготовки русла и из стоимости устройства самой одежды. Последняя распадается на ряд слагаемых, из которых основными являются: стоимость цемента, оплата рабочей силы и стоимость инертных материалов.

По данным американской практики, соотношение отдельных расходов при устройстве облицовки таково:

1) Цемент	31,5%	5) Технадзор	6%
2) Подготовка основания	20%	6) Аренда механизмов	5,5%
3) Рабочая сила	23%	7) Вода	2,0%
4) Инертные материалы	12%		

При этом общая стоимость облицовки составляла:

при толщине 2,5 см — от	60 коп.	до	80 коп.	за 1 м ²
» » 5,0 » — » 1 руб.	10 »	» 1 руб.	50 »	» 1 »
» » 10,0 » — » 2 »	50 »	» 3 »	50 »	» 1 »

В проекте гидроэлектрической станции на р. Чирчик стоимость 1 м³ остоной облицовки исчислена (в 1932 г.) в 4 руб. 90 коп.; из них 84% составляет бетонировка, 11% — планировка откосов и устройство сплошного гравелистого основания и 5% — дренаж. Толщина облицовки по низу откоса — 15 см, по верху — 10 см.

По данным А. Н. Костякова, в Средней Азии (Голодная степь и др.) бетонировка каналов обходилась от 50 до 90 руб. за 1 м³ бетона в одежде, т. е. от 50 до 90 коп. на 1 м² за каждый сантиметр толщины.

Стоимость торкретных облицовок не отличается от стоимости обычных бетонных. По некоторым работам, выполненным в США за последнее десятилетие, эта стоимость получалась от 1 руб. до 3 руб. 30 коп. за 1 м² при толщине облицовки от 2,5 до 3,8 см.

Стоимость 1 м² торкрета, по данным Ленинградской верфи железобетонного судостроения, получалась:

при толщине слоя 5 см	3 руб. 55 коп.
» » » 2 »	1 » 42 »
» » » 1 »	— » 82 »

При нанесении торкрета в качестве защитного слоя работа в 3 раза производительнее. Например, при средней толщине торкрета 2 см за 2 раза один рабочий в день сделает 16 м² торкрета, а вручную — не свыше 5 м², т. е. торкретирование при той же стоимости займет в 3 раза меньше времени и даст еще экономию на материале, позволив применить одежду более тощего состава.

7. Асфальтовые одежды

Из покрытий, основанных на применении искусственной смеси инертных и вяжущих материалов органического состава, в облицовках каналов получили распространение асфальтовые одежды с применением битумных материалов. Смоляные (дегтевые) материалы не нашли пока широкого применения с этой целью, а первые опыты с ними (Мюнхенский институт) дали худший результат по сравнению с битумами.

а) Типы асфальтовых одежд. Для асфальтовых покрытий употребляются следующие асфальтовые строительные смеси:

1) асфальтовый бетон, представляющий собой смесь щебня (гравия), песка, заполнителя и битума. В качестве заполнителя употребляется асфальтовый порошок, представляющий собой продукт измельчения естественных битумных пород, каменная мука (известняковый и мраморный порошок), портланд-цемент, лёсс;

2) асфальтовый раствор, представляющий собой смесь песка, заполнителя и битума;

3) литой асфальт, состоящий из асфальтовой мастики (заводской продукт, изготовляющийся из смеси асфальтового порошка с битумом), песка и битума. Литой асфальт, вследствие высокого содержания битума, не требует уплотнения при укладке, но обладает меньшей прочностью.

Последние два типа не получили распространения в качестве самостоятельной одежды каналов и по своему характеру более подходят для уплотнения более водопроницаемых, но достаточно прочных одежд.

Все три указанных типа производятся горячим методом по способу предварительного смещения.

Кроме того, в практике находят применение покрытия, близкие по характеру к асфальтовым и устраиваемые:

1) по способу поверхностной обработки, состоящему в поливке приготавливаемой поверхности вяжущим веществом в количестве 1,5—3 кг на 1 м², рассыпке гальки и укатке, а затем в повторной обработке вяжущим веществом в количестве 0,5—1 кг на 1 м², посыпке галькой и укатке;

2) по способу внутренней пропитки (глубокого проникания), заключающемуся в предварительной укладке и укатке щебня или гравия, поливке вязким веществом в количестве около 1 кг на 1 м² на каждый сантиметр толщины облицовки, посыпке взвесками и уплотнению.

Пропитка производится или горячим способом, что требует наличия сухого материала и сухой погоды, или холодным способом с применением эмульсий, представляющих собой взвесь битума в воде, содержащей эмульгатор и стабилизатор, или разжиженных битумов с употреблением летучих растворителей. Холодный способ дает возможность производить работы в сырую погоду и при сыром материале.

б) Состав и свойства асфальто-бетона. Наиболее распространенным составом асфальто-бетона является смесь из щебня (гравия), песка и заполнителя, составленная по принципу наименьшей порозности с установлением затем необходимого количества битума, причем для облицовок обычно применяют бетоны с избытком битума, но не более чем на 2% от объема пустот, во избежание оползания откосов.

Сорт и качество битума влияют на прочность и другие свойства бетона. Бетоны из твердых битумов имеют повышенную прочность и температуроустойчивость, но они могут быть хрупкими на морозе. Благоприятной в смысле морозоустойчивости является повышенная растяжимость битума, которая определяет собой также и эластичность бетона.

Водоупорность бетона возрастает с увеличением содержания битума, и при надлежащей дозировке можно добиться практически абсолютной водоупорности и полного отсутствия поглощения воды.

В получивших освещение в печати опытах устройств асфальтовых облицовок содержание битума колеблется от 5 до 10% по весу, причем бетон более высокого качества получается при большем содержании битума, близком к полному заполнению пор минеральной смеси.

В одной из работ (канал Дортмунд — Эмс) употреблялись следующие составы бетона:

Для водонепроницаемого слоя	Для защитного слоя
Гравий 3—15 мм 30 частей	Гравий 5—30 мм 90 частей
Крупный песок 0—5 мм 30 »	Крупный песок 0—5 мм 10 »
Мелкий » 0—1 » 40 »	Известниковый порошок 10 »
Известниковый порошок 25 »	Битум 4,5—5 »
Битум 8,5—9 »	

в) Конструкция и свойства асфальтовых облицовок. Асфальтовые облицовки требуют достаточно плотного основания, что может быть достигнуто трамбованием или укаткой грунта, устройством гравелистой подготовки или предварительным укреплением грунта (на канале Дортмунд—Эмс песчаное основание укреплялось поверхностной обработкой известью и цементом).

Асфальтовые одежды допускают одинарные откосы каналов, однако рекомендуется делать их не круче 1 : 1,5.

Толщина одежды варьирует от 2 до 5 см и, как максимум, до 8 см, причем высшие пределы обусловлены требованиями прочности. При надлежащем подборе состава необходимость в швах исключена.

К достоинствам асфальтовых облицовок следует отнести: очень высокую водоупорность, пластичность, морозоустойчивость, химическую инертность, легкое исправление повреждений, малый коэффициент шероховатости (0,013—0,014).

К недостаткам этих одежд относятся: 1) уменьшение прочности при повышении температуры, что может повести за собою пробивание облицовки растениями, особенно корневищными; поэтому наиболее безопасным является применение этих облицовок в глубоких выемках или в песчано-гравелистых грунтах; в иных условиях необходимо отравление растительности путем пропитывания грунта химическими; кроме того, рекомендуется осветление асфальтовой поверхности; 2) невозможность проведения работ в сырую погоду, так как при устройстве необходимо сухое основание; при наличии грунтовых вод необходима осушка поверхности хотя бы на время производства работ; 3) осыпание в жаркую погоду на крутых откосах.

г) Производство работ. Производство работ заключается в: 1) подготовке основания, 2) изготовлении асфальто-бетона и 3) укладке асфальто-бетона.

1. В небольших каналах подготовка, заключающаяся в планировке дна и откосов и в уплотнении их, может быть произведена вручную; в более крупных каналах русло укатывается особым поперечным катком.

2. При небольших объемах работ изготовление асфальто-бетона производится при помощи обыкновенных котлов, а также путем приспособления для перемешивания бетоньерки.

Для крупных работ применяются специальные асфальтовые установки непрерывного или периодического действия.

При транспортировании смеси к месту укладки необходимы предупредительные меры против охлаждения и попадания воды и контроль за температурой смеси.

Кроме того, употребляются установки, изготовляющие смесь на самом месте укладки; работа этих установок согласуется с процессом укладки.

3. При малых масштабах работ нанесение готовой смеси и ее разравнивание производится вручную с уплотнением трамбовками или ручными катками, после чего поверхность отделяется горячими гладилками.

Для устройства облицовки по дну больших каналов могут быть приспособлены соответствующие дорожные машины.

В последнее время фирмой «Динглер» вынуждена машина для укладки битуминозных облицовок на откосах, в основных чертах сходная с бетонировочной машиной той же фирмы. Машина требует 3 человек обслуживающего персонала и дает производительность 800—1 000 м² за восьмичасовую смену.

8. Глиняные одежды

Под наименованием глиняных одежд можно понимать приемы защиты русел от фильтрации не только путем применения глины, но вообще путем использования грунтов с меньшей водопроницаемостью для защиты русла, проходящего в грунтах с большей водопроницаемостью. При этом эффект действия такой одежды будет тем выше, чем больше разница в водопроницаемости грунтов; этой разницей и определяется целесообразность применения указанной одежды в тех или иных условиях. Наиболее уместным является применение ее при сильно водопроницаемых песчаных и гравелистых грунтах.

Качество одежды определяется следующими свойствами материала и операциями над ним: 1) мелкоземистость механического состава материала одежды; 2) тщательное перемешивание грунта с водой при содержании ее не свыше известного процента, выше которого грунт начинает терять устойчивость и плыть; 3) уплотнение пропитанного водой рых-

того материала в целях максимального сближения частиц грунта между собой и сцепления их в одно непроницаемое целое; 4) искусственное уплотнение грунта путем обработки его глинистой суспензией.

а) Свойства глиняных одежд, условия их применения и типы. По указанию А. Н. Костякова, применение глиняной одежды может дать сбережение воды до 70%; однако степень эффективности одежды сильно зависит от условий ее применения. Применение глиняной облицовки на системах Хентлей и Якима Саннисайд в США дало уменьшение потерь на 50—60%. При устройстве одежды такого типа на каналах Пенджаба потери уменьшились на 52,5%.

Положительной стороной этой одежды является ее дешевизна (при наличии благоприятных условий) и пластичность.

Отрицательными свойствами глиняной одежды являются:

1) малая ее прочность и сопротивляемость размыву, что не позволяет допускать скорости выше 0,30—0,50 м в секунду: для предохранения глины от размыва применяется защитный слой гравия или песка; кроме того, можно указать на применение добавки к глине мелкой соломы;

2) одежда легко зарастает сорняками;

3) при высыхании глиняная одежда легко трескается, что приводит к значительному уменьшению антифильтрационного эффекта; с этой точки зрения применение этой одежды для каналов прерывистого действия вряд ли целесообразно;

4) глиняная одежда требует для своего устройства продолжительного времени и хорошей погоды.

Этими недостатками объясняется малое распространение глиняных одежд на ирригационных каналах. Широкое применение она нашла в судоходных каналах, где для ее применения имеют место более подходящие условия.

Коэффициент шероховатости глиняных одежд, покрытых слоем гравия, больше, чем земляных откосов. Коэффициент K в формуле Куттера для гравелистых откосов — 0,020.

Глиняная одежда требует довольно пологих откосов, не круче 1 : 1,5.

Толщина одежды составляет 10—35 см при плотном трамбовании.

Типы глиняной одежды, применяемые на современных судоходных каналах, однообразны. Одежда канала состоит из утрамбованной или укатанной глины толщиной от 30 до 60 см по дну. На слой глины наносится защитный слой из гальки и песка толщиной от 30 см и выше. По линии уреза воды в пределах обычных колебаний горизонта воды устраивается специальное береговое крепление, большей частью из крупной каменной наброски на слое щебня, толщиной около 30 см.

б) Производство работ и стоимость. Производство работ распадается на следующие операции: добыча и транспорт глины, замеска ее, подготовка основания под одежду, нанесение слоя глины на поверхность, укладка одежды, нанесение защитного слоя.

При ручном способе работ, применимом на небольших каналах с малым объемом работы, укладка глины производится по шаблонам. Если делается облицовка готового канала, то предварительно необходимо сделать дополнительную выемку грунта на толщину одежды. Перед укладкой для лучшего сцепления с грунтом рекомендуется делать насечки на откосах глубиной 3—4 см; кроме того, русло канала при укладке должно быть во влажном состоянии. Замешивание глины обычно производится лошадьми. После наброски глины приступают к трамбованию. Для того чтобы предотвратить прилипание глины к трамбовкам, сверху насыпается сухая глина слоем 1—2 см или крупнозернистый песок с гравием. После укладки одежды рекомендуется пропустить по каналу воду и после просушки забить трещины сухой глиной.

При крупных работах добыча глины производится экскаваторами, а транспорт осуществляется поездами, из которых глина сваливается прямо в творильные ямы, выкапываемые вдоль фронта работ. При механической работе эти ямы располагаются так, чтобы снаряд, насыщающий глину на откос, мог забирать ее прямо из творильных ям.

Работа по нанесению замешанной глины на откосы и на дно канала выполняется обыкновенным банейным краном или особым снарядом. Этот снаряд состоит из стрелы, опирающейся своими концами на две тележки, катящиеся по рельсам. Нижняя из этих тележек снабжена двигателем и передвигает весь снаряд вдоль канала. Стрела имеет движение в вертикальном и горизонтальном направлении. В вертикальном она может принимать уклон до 1 : 3, располагаясь поперек канала. В горизонтальном направлении она может становиться в такое положение, что обе тележки своим концом будут двигаться друг за другом по одной колее.

На конце стрелы, противоположном большой тележке, имеется черпак для захвата грунта, а вдоль стрелы идет конвейер, на который и поступает грунт из черпака. Грунт передается по конвейеру до особого передвижного сбрасывателя, который и сбрасывает грунт на откос, рассыная его по всей покрываемой полосе. Ширина полосы, перекрываемая стрелой с одной позиции — 20 м по откосу и 6 м по дну канала, считая от подошвы откоса.

Работа снаряда должна сообразоваться с работой экскаватора и с работой уплотняющих катков.

Укатка одежды производится обычно слоями, параллельными уплотняемой поверхности. Для укатки применяются двойные катки, весом 4,5—7 т, при удельном давлении 2 и 4 кг на 1 см². Выбор катков надлежащего веса имеет большое значение для прочности одежды и требует большого опыта. Легкий каток не дает требуемого уплотнения даже при многократном укатывании. Излишне тяжелый каток будет погружаться в глину и визнуть в ней. Скорость движения катка по откосу — около 0,75 м в секунду. Слои укладываются непрерывно друг на друга и тотчас укатываются во избежание высыхания и образования трещин. Укатка поднимается весьма медленно, так как глину необходимо довести до определенной плотности; для этого катку приходится проходить по одному месту много раз (например, не меньше 12 раз: 6 раз вверх и 6 раз вниз). Сухая глина требует прохода катка до 24 раз.

Другой способ укатки отличается от описанного тем, что слои одежды насыщаются на откосе и укатываются не в поперечном, а в продольном направлении лентами шириной 0,4 м.

Стоимость устройства глиняной облицовки сильно зависит от толщины облицовки, дальности подвозки материала и степени механизации работ. Так, устройство облицовки примитивным способом на небольших каналах в США обходилось около 20 коп. золотом.

По данным УкрНИИГиМ, стоимость глиняной облицовки толщиной в 10 см при ручной укладке и подвозке материала на 2 км выразилась в 1 руб. 23 коп. за 1 м². При толщине 16 см и при добавке к глине соломы стоимость выразилась в 1 руб. 95 коп. за 1 м².

в) Глинизация грунтов и искусственный кольматаж. К типу грунтовых одежд можно отнести уплотнение грунта русла введением в него глинистых фракций. Это может быть осуществлено путем поверхностного кольматирования, что достигается взмучиванием в канале глинистого материала. Кольматирование лучше производить в стоячей воде; с этой целью канал разбивается на участки длиной 50—100 м; после наполнения участков водою производится взмучивание глины. Этот метод в пролищаемых грунтах может дать, невидимому, хорошие результаты. Так,

по данным УкрНИИГиМ, можно достигнуть уменьшения фильтрации в 2—3 раза при стоимости такого мероприятия в 10—15 коп. на 1 м². При малых скоростях течения (не свыше 0,3—0,5 м в секунду) кольматаж можно производить при работе канала путем впуска глинистого материала в канал вместе с водой.

Глинистый материал предварительно размешивается с водой в специальных ямах, откуда глинистая взвесь может перекачиваться в канал центробежными насосами, или вносится в дырчатых ящиках, помещенных непосредственно в канал.

Другой метод заключается в поливке глинистой суспензией дамб, устраиваемых из проницаемого грунта, при насынке и укатке их. Этот метод применялся на некоторых участках канала Москва — Волга и дал хорошие результаты.

9. Одежды из грунто-бетонов, основанных на применении вяжущих материалов неорганического состава

Под грунто-бетонами подразумеваются бетоны, в которых основную часть инертных материалов составляет естественный грунт. Применение грунто-бетонов во многих случаях приращивающей практики может оказаться весьма рациональным приемом, особенно при отсутствии близких карьеров гравия и песка.

Употребление таких бетонов на основе вяжущих материалов неорганического состава, из которых наиболее известны цемент, известь и силикат, не нашло пока приложения в практике облицовки каналов. Поэтому в дальнейшем дается лишь общая характеристика этих грунто-бетонов.

а) Известковые грунто-бетоны. Применение извести для получения грунто-бетона не вышло еще за пределы лабораторных опытов. На практике известно применение извести в смеси с цементом для укрепления песчаного основания под асфальтовую одежду.

Недостатком известкового грунто-бетона является его невысокая механическая прочность. Кроме того, для целей облицовки каналов необходимо применение гидравлической добавки к извести, в виде обожженной и молотой глины, трасса, тренела и т. п., с целью придания грунто-бетону водоустойчивости. Водопроницаемость известкового грунто-бетона в лабораторных опытах оказалась очень низкой.

б) Силикатные одежды. Принцип силикатирования грунта заключается в пропитке его жидким стеклом (силикатом), представляющим собою (обычно) натровую соль кремневой кислоты, и последующей обработке фиксатором.

В результате разложения жидкого стекла фиксатором выщелачивается гидrogель кремневой кислоты, склеивающий и цементирующий частицы грунта. В качестве фиксатора известны кислоты (серная, соляная), а также соли (хлористый кальций, кремнефтористый натр и т. д.); такое же действие производят церезит, цемент и некоторые другие материалы.

На качество получаемого путем силикатирования грунто-бетона в основном оказывают влияние характер обрабатываемого грунта и выбор химикалий.

Наименее пригодными для силикатирования считаются грунты, содержащие в значительном количестве органическое вещество.

Наилучшие результаты дают мелкоземистые грунты минерального происхождения: суглинки и супеси. Чистые пески обрабатываются хорошо, но требуют большого количества химикалий. Засоленные грунты не дают хороших результатов при обработке.

Важное значение имеет выбор фиксатора,

В опытах, произведенных департаментом земледелия США в 1906 г., одежда из тяжелой смолистой нефти, пропитывавшей в несколько приемов грунт с непорушенной структурой до нормы 12 кг на 1 м², уменьшала количество фильтрационной воды на 50—60%.

Для увеличения плотности нефтяных одежд они должны накладываться в несколько приемов. Кроме того, они неустойчивы и требуют возобновления. По индийским опытам, нефтяные одежды теряли за год около 10% своих качеств. Не обладая собственной прочностью, они не могут противостоять разрушительным механическим усилиям.

Нефтяная одежда допускает несколько повышенные против естественного грунта скорости (до 1,2 м/сек.); кроме того, обработка нефтью ведет к гибели сорной растительности на ряд лет.

Срок службы нефтяной одежды исчисляется в 4—5 лет. Стоимость такой одежды невелика и составляет 50 коп. — 1 руб. 20 коп. за 1 м².

б) Битумные грунто-бетоны. В последнее время делаются попытки использования битумных материалов для изготовления грунто-бетонов с целью применения их для одежд каналов.

Так же как и при асфальто-бетонах, битум может применяться в горячем и в холодном виде — растворенным в органическом разжижителе (сольвент-нафта, керосин, нефть и т. д.) или в виде эмульсии.

Холодные способы использования битумных материалов, наравне с жидкими дегтевыми материалами, находят уже широкое применение для обработки грунтовых дорог с целью получения устойчивой и водонепроницаемой одежды. Опыт применения разжиженного битума для грунтовой одежды канала дал весьма высокий эффект в смысле уменьшения фильтрации, однако при этом не было достигнуто достаточной прочности одежды.

Что касается битумных грунто-бетонов, основанных на горячем способе производства, то циклом лабораторных работ Б. Н. Огарева установлена их очень высокая прочность (до 700 кг/см² и выше при большом давлении при укатке); это делает возможным применение их в очень небольшом слое. Битумный грунто-бетон практически водонепроницаем и морозоустойчив; кроме того, он обладает значительной устойчивостью при повышенных температурах. Примерный состав такого грунто-бетона: 70—80% грунта, около 10% битума и около 10% заполнителя (молотый мел или каменноугольный пек или смесь их). Способ приготовления состоит в подогревании просушенного грунта до 120—150°C, после чего кладется в раздробленном состоянии битум и пек. В процессе расплавления битума масса все время подогревается при 150°—160°C и перемешивается до получения однородности по внешнему виду. Уложенная масса утрамбовывается или укатывается, причем прочность грунто-бетона зависит от степени уплотнения. Стоимость такого асфальтового грунто-бетона составляет около 5 рублей за 1 м² при толщине 5 см,

11. Химическая обработка грунта с целью искусственной его дисперсации

Одним из новейших методов борьбы с потерями на фильтрацию является химическая обработка грунта с целью воздействия на его агрегатный состав. Этот метод прошел стадию лабораторных и полевых испытаний и начинает внедряться в ирригационную практику.

а) Сущность метода. В основе данного метода лежит учение о почвенном поглощающем комплексе и его влиянии на водно-физические свойства почвы. Из этого учения известно, что некоторые химические элементы, входя в состав поглощенных оснований, обуславливают разрушение почвенных агрегатов, дисперсацию грунта и приобретение

им свойства водонепроницаемости. Весьма высокими свойствами в этом отношении (в качестве поглощенного основания) обладает, как известно, натрий. Искусственно насытив поглощающий комплекс почво-грунта, составляющего русло канала, натрием, можно достигнуть того, что естественный грунт, диспергируясь, резко уменьшит свою водопроницаемость.

Поскольку почвы, содержащие поглощенный натрий в естественных условиях, носят название солонцов, то этот метод известен также под названием метода искусственного солонцевания русла каналов.

б) Материалы для искусственного солонцевания и их дозировка. Для искусственного солонцевания применяются натровые соединения, причем нейтральные соли натрия (хлористый натрий) дают меньший эффект, нежели щелочные соединения (сода, каустик). В случае дефицитности последнего рода материалов они могут быть употреблены также в виде добавки, обеспечивающей создание щелочной реакции, в условиях которой внедрение натра в поглощающий комплекс происходит более энергично.

Доза обработки исчисляется в килограммах соли на 1 м² обрабатываемой поверхности. Ее определяют, исходя из свойств грунта и условий работы канала, по следующему подсчету:

$$D = k \cdot D_{\text{мин}},$$

где k — коэффициент запаса, который в обычных случаях может быть принят равным от 2 до 3. Более высокие пределы коэффициента запаса будут соответствовать случаям неблагоприятных условий, как-то: значительной карбонатности или гипсоносности грунтов, малым значениям константы обменной адсорбции, малым значениям общей емкости поглощения. Прерывистый режим работы канала, а также увеличение глубины воды в канале тоже ведут к некоторому повышению коэффициента запаса. В благоприятных же случаях, наоборот, следует придерживаться нижних пределов этого коэффициента.

$D_{\text{мин}}$ — минимальный предел дозы хлористого натрия в килограммах для обработки 1 м² — определяется из следующего выражения:

$$D_{\text{мин}} = \frac{\gamma \cdot A_{\infty}}{1723} \cdot c,$$

где: γ — объемный вес грунта в килограммах на 1 м³;

A_{∞} — общая емкость поглощения данного почво-грунта в метровом слое в миллиэквивалентах на 100 г почвы;

c — коэффициент, равный 0,10—0,15.

Исчисленная указанным путем доза обработки в обычных условиях будет находиться в пределах от 3 до 7—8 кг хлористого натрия на 1 м².

При употреблении щелочных дисперсаторов доза может быть снижена.

в) Производство работ. Обработка русла канала может быть произведена различными способами — с употреблением соли как в растворенном, так и в сухом виде (в этом случае соль растворяется и производит свое действие при замочке канала); при этом можно обрабатывать как поверхность канала, так и внутренние слои грунта. Обязательным условием обработки является обеспечение равномерного распределения соли (или раствора) по всему слою грунта, который должен образовать малопроницаемый экран вокруг смоченной поверхности канала. Наиболее изученными являются два способа: способ поверхностной обработки концентрированным раствором и закрытый способ солонцевания.

Первый из этих способов состоит из следующих операций:

1) Канал очищается от сорняков и наносов. При наличии значительного заиливания очистку перед обработкой следует произвести с некоторым перебором (снять часть грунта);

2) Обработку канала следует проводить по просушенному руслу: При влажном грунте и плохом впитывании раствора поверхность русла предварительно взрыхляется на глубину 3—5 см и затем просушивается. При сильно проросшем канале необходимо сделать более глубокое (на 15—20 см) рыхление поверхности русла, удалив, кроме того, основную массу корневой системы сорняков.

3) Приготовленный 20-процентный раствор хлористого натрия распределяется равномерно по дну и откосам в количестве, соответствующем дозой обработки, с недопущением стока с откосов на дно канала; эту обработку обычно приходится производить в несколько приемов.

4) после обработки желательно присыпать обработанную поверхность слоем грунта в 2—3 см и утрамбовать.

5) Перед пуском в эксплуатацию необходимо сделать замочку канала стоячей водой в течение 1—2 суток, причем оставшуюся от замочки в канале воду следует направить в сброс.

Закрытый способ солонцевания состоит в образовании солонцового слоя внутри тела канала.

Для этого при устройстве канала в насыпи, после того как насыпь достигла отметки на 20—30 см ниже проектного дна, следует обработать поверхность насыпи раствором соли или, лучше, сухой солью (равномерным слоем) полосой немного более широкой, нежели расстояние между осями дамб. Дальнейшая насыпка дамб комбинируется с последней обработкой линии вдоль осей обочин дамб; в результате такой обработки должен быть получен сплошной засолонцованный вертикальный экран, не доходящий до верха дамб на 15—20 см.

При применении этого способа на готовых каналах, а также при устройстве каналов в выемке необходимо предварительно снять по периметру канала дополнительный слой грунта толщиной 10—20 см и после обработки русла уложить на место с хорошим уплотнением.

Если при закрытом солонцевании употребляется сухая соль, то наилучшие результаты получаются при смешивании ее с взрыхленным грунтом.

г) **Свойства солонцовых одежд и условия их применения.** Антифильтрационный эффект искусственного солонцевания и его длительность зависят от дозы обработки, способа обработки и условий, в которых солонцевание применяется.

Более высокая доза обработки дает более высокий и устойчивый эффект. Закрытый способ солонцевания может дать более длительный и устойчивый эффект, особенно при применении обработки сухой солью. Большое влияние на длительность эффекта оказывают условия эксплуатации засолонцованных каналов. Для повышения длительности эффекта необходимо тщательно следить за своевременным уничтожением сорной растительности в русле канала.

При наличии значительного количества гипса или карбонатов в почво-грунтах можно ожидать менее длительного действия обработки; в этих случаях желательно давать повышенную дозу обработки или делать добавку щелочного дисперсатора. Переход к щелочным дисперсаторам с целью уменьшения дозы уместен также при неглубоком залегании грунтовых вод.

Более высокого и длительного эффекта можно ожидать на каналах постоянного действия; для каналов периодического действия, подвергающихся частым просушкам, более уместным является закрытый способ солонцевания.

В зависимости от указанных условий солонцевание русла дает уменьшение потерь на фильтрацию от 2 до 5 раз в первые два года действия. Длительность же действия обработки — 3—5 лет; повторная обработка

может производиться уменьшенной дозой; рядом повторных солонцеваний можно почти полностью и надолго прекратить фильтрацию в русле канала.

Применение искусственного солонцевания в описанном виде не будет целесообразным при прохождении канала в песчаных грунтах, содержащих слишком малое количество агрегатных частиц, способных к диспергированию. Если при этом в непосредственной близости имеются грунты, способные диспергироваться под влиянием обработки, то можно употребить их в качестве грунтовой одежды, подвергая их предварительной обработке дисперсатором.

Поверхностная обработка русла с целью дисперсации грунта ведет за собою некоторое понижение сопротивляемости грунта размыву, что должно быть учтено при производстве поверхностного солонцевания путем предварительного уменьшения уклонов каналов, в случае если они близки к критическому в смысле размыва.

Применение закрытого способа солонцевания не влечет за собой указанного последствия, в силу чего этот способ наиболее подходит для ирригационных каналов и в особенности при солонцевании в процессе устройства сети.

С целью повышения устойчивости русла можно применить комбинацию поверхностного солонцевания с последующей обработкой русла нефтью.

Искусственное солонцевание каналов, как показывает расчет и практика, не создает опасности засоления орошаемой территории.

д) **Стоимость солонцевания.** При ручном способе производства работ стоимость поверхностной обработки хлористым натрием дозой 2—5 кг на 1 м² составляет без накладных и транспортных расходов 30—40 копеек на 1 м² обработки. Из них 15—20 копеек составляет оплата рабочей силы (стоимость хлористого натрия исчисляется по техническим расценкам). С учетом всех расходов стоимость составит около 50—60 копеек за 1 м². Закрытый способ солонцевания обходится несколько дороже. При механизированной обработке стоимость может быть снижена минимум на 20%.

При применении щелочных дисперсаторов стоимость несколько возрастает за счет удорожания материалов. Так, при применении кальцинированной соды стоимость возрастет на 4—8 копеек за 1 м², в зависимости от степени добавки этого дисперсатора, а в случае каустической соды, еще более благоприятной для создания высокого эффекта, стоимость повысится на 25—35 копеек на 1 м².

Г Л А В А XV

СБРОСНАЯ И ВОДООТВОДНАЯ СЕТЬ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

§ 96. Назначения, основные типы и условия работы сбросной и водоотводной сети при орошении

Каждая ирригационная система должна иметь сбросную сеть. Эта сеть служит для опорожнения каналов и сооружений на случай ремонта системы или ее части, прекращения подачи воды в систему (прерывистое водопользование, закрытие системы на зиму или на период очистки системы от наносов), для сброса излишних вод, попавших в систему

в силу аварий или отсутствия регулирующего водозаборного сооружения, а также для сброса перехватываемых поверхностных атмосферных вод, если последние не могут быть использованы для орошения (увлажнения земель). Водоотводная сеть предназначается для отвода грунтовых вод, если последние, в силу гидрогеологических особенностей орошаемого массива, могут стать угрозой заболочивания и засоления земель.

Травопольная система земледелия, хорошая агротехника на орошаемых землях, плановое водопользование, правильная эксплуатация оросительных систем и применение рациональных поливных норм являются основными условиями для поддержания орошаемых земель в хорошем состоянии, для предотвращения заболочивания иррига-

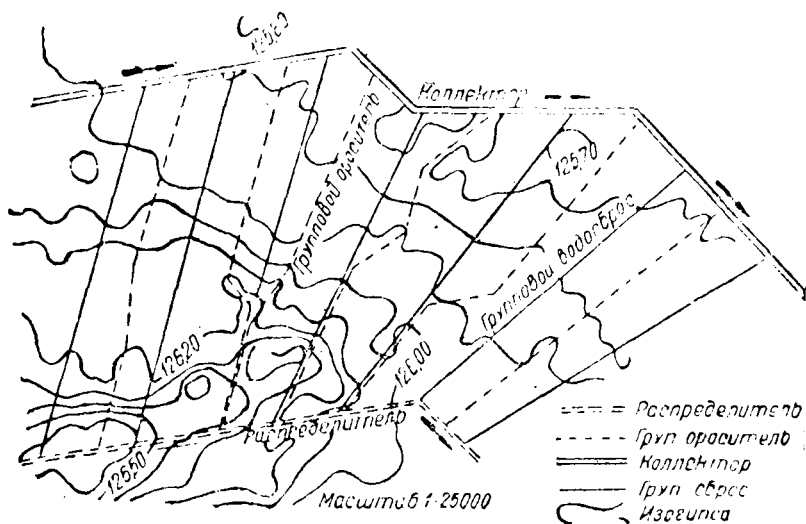


Рис. 144.

ционных систем и подъема уровня грунтовых вод. Все вышеуказанные мероприятия являются обязательными для проведения на каждой оросительной системе. Поэтому водоотводная сеть, служащая для отвода грунтовых вод, делается не в каждой системе, а только в тех случаях, когда появление избыточных грунтовых вод вызывается гидрогеологическими условиями (отсутствие естественного оттока при близко залегающих грунтовых водах или наличие напорных вод), а также почвенными условиями (наличие засоленных почво-грунтов, требующих промывки при неблагоприятных условиях отвода промывных вод). Если появление этих избыточных вод не может быть предупреждено в нужные сроки путем отмеченных выше эксплуатационных и агротехнических мероприятий, то необходимо устройство специальной водоотводной сети. Изучение гидрогеологических условий орошаемого массива и степени обеспеченности естественного оттока грунтовых вод имеет громадное значение при решении вопроса о необходимости водоотводной сети и об ее характере, размерах и расположении.

§ 97. Сбросная сеть

Расположение сбросной сети в плане. Расположение сбросной сети в плане соотносится с рельефом местности и направлением оросительных каналов. Сбросные каналы (для удаления поверхностных сбросных вод) чаще всего бывают параллельны оросительным. Более крупные сбросы проводятся по понижениям рельефа местности. При одностороннем командовании оросительного канала соответствующий сброс проходит возле оросителя, лежащего ниже по рельефу. При двустороннем командовании оросителя сбросы проходят между ними (рис. 144 и 145).

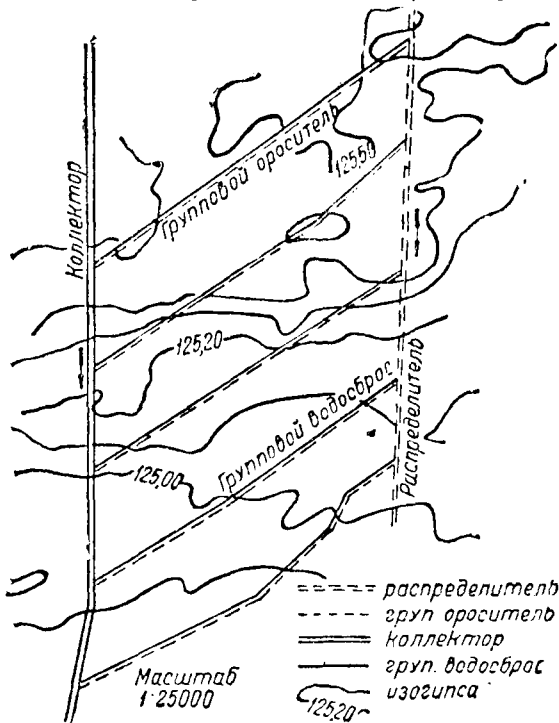


Рис. 145.

Пропускная способность открытой водосбросной сети. Расчетный расход водосброса равен расходу соответствующих опоражниваемых в него оросительных каналов. Если какой-либо элемент открытой водосбросной сети должен удалять и грунтовую воду, выполняя роль дрены, то его расход увеличивается на приток фильтрационных вод.

Ввиду исключительности и кратковременности сбросного режима, дающего максимальный расход, водосбросные каналы и коллекторы рассчитываются на нормальные расходы и только проверяются при горизонте максимального наполнения (на 0,10—0,15 м ниже поверхности земли). По той же причине, а также потому, что эти каналы быстро зарастают и обычно находятся в состоянии гораздо худшем, чем каналы оросительные, в расчет их не следует вводить малых значений коэффициента шероховатости (он берется не ниже 0,035).

Расчетный расход и поперечное сечение увеличиваются вниз по каналу в местах впадения боковых каналов. Короткие каналы рассчитываются по расходу в конце их. Расчет длинных коллекторов производится по переменному расчетному расходу, нарастающему по мере впадения боковых водосборов. Для опорожнения водоподводящих каналов устраиваются: 1) катастрофические сбросы, 2) концевые сбросы, 3) сбросы хозяйственные и 4) промывные сбросы.

Катастрофические сбросы перехватывают весь расход канала и сбрасывают его в сторону, в ближайший естественный водосток. Эти сбросы устраиваются на магистральном канале непосредственно ниже головного регулятора (не дальше 1—5 км от него) и перед разветвлениями магистрального канала. В первом случае сброс рассчитывается на максимальный расход магистралы, во втором случае — на максимальный расход большего из ответвлений.

Концевые сбросы располагаются в конце водоподводящего канала и служат для пропуска расхода канала и для опорожнения последнего.

Концевые сбросы обычно рассчитывают не на головной расход сбрасываемого воду канала (так как этот расход затруднительно прогонять по весьма длинным каналам), а по максимальному расходу в хвостовой части канала. Зато на длинных каналах устраивается ряд промежуточных сбросов, так называемых хозяйственных, забирающих избыточный расход канала (при закрытых ответвлениях его). Расстояние между этими сбросами зависит от расположения (по длине канала) мест, удобных для вывода сбрасываемой воды, а также от взаимоотношения максимального головного расхода канала с изменением пропускной способности его по длине канала. При расположении хозяйственных сбросов по длине канала важно, чтобы они пришлись перед ответственными сооружениями на канале, ограждая последние от излишнего расхода. Эти хозяйственные сбросы рассчитываются по разности максимального расхода канала впереди сооружения и расхода через последние.

Головные сбросы служат для сброса вод при гидравлической промывке (от наносов) головного участка магистрального канала.

§ 98. Водоотводящая сеть: горизонтальная и вертикальная

Отвод групповых вод, если он оказывается необходимым, достигается устройством самостоятельной сети или же путем потребного углубления необходимых элементов поверхностной сбросной сети.

Открытая водоотводящая дренажная сеть может в некоторых случаях служить водосбором для сброса поверхностных атмосферных вод.

Если выбор соответственного водоприемника требует большого протяжения глубоких открытых коллекторов, вызывающих, кроме больших первоначальных затрат, и значительные эксплуатационные расходы, то более дешевым способом может оказаться перекачка дренажных вод из глубокой водоотводящей сети в более мелкую сбросную сеть, по которой эти воды уходят самотеком к озеру, реке, оврагу и т. д.

Для устранения восходящих токов грунтовых вод наиболее эффективным может оказаться дренаж с помощью самодействующих или насосных колодцев, как дающий более мощный полезный напор для преодоления вредного гидростатического напора.

Если без перекачки грунтовых вод нельзя обойтись, а система испытывает нужду в воде и глубокие горизонты воды пресны, то, при наличии в районе дешевой электроэнергии, возможно устройство вертикального дренажа посредством насосных колодцев.

§ 99. Горизонтальная водоотводящая сеть

Конструктивные типы горизонтальной водоотводящей сети. Горизонтальная водоотводящая сеть, если она одновременно служит и водосборной сетью для сброса поверхностных вод, устраивается в виде открытых канав. Для отвода же одних подземных вод, когда при тяжелых гидрогеологических условиях такой отвод оказывается нужным, водоотводная сеть делается открытой или закрытой. Если открытая сеть дает возможность вывести воду (в водоприемник) самотеком, а закрытая сеть при той же глубине захвата не позволяет этого сделать, то необходимо устраивать открытую водоотводящую сеть.

Преимущество открытых дренажей заключается в том, что при тщательном уходе они могут лучше обеспечить водосбор, чем закрытые дренажи. Такие благоприятные условия для открытых дренажей могут возникнуть, когда, например, пористые суглинки с хорошей водоотдачей, подстилаемые песками сомнительного качества, перемежаются (в плане) с плотными суглинками. Открытая сеть имеет, однако, и недостатки:

- 1) большие эксплуатационные расходы (до 2,5—8% капитальной стоимости ежегодно); для закрытого трубчатого дренажа эксплуатационные расходы составляют меньше 1% от строительной стоимости;
- 2) открытая глубокая сеть для дренажей, если она часто расположена, неудобна для обработки почвы и работы машин.

В ирригационной практике закрытые дренажи, если они нужны в силу гидрогеологических условий, употребляются для начальных элементов сети и для малых коллекторов; для крупных коллекторов, несущих большие расходы, применяется открытый тип дренажей.

Таким образом, водоотводная сеть в целом обычно имеет смешанный тип: крупные коллекторы делаются открытыми; промежуточные же элементы глубокой сети, если таковую приходится делать, могут быть и открытыми и закрытыми. Открытая водоотводящая сеть в условиях орошения по своему устройству во многом близка к осушительным каналам в минеральных грунтах, сведения о которых приведены в разделе «Осушение» (главы VIII и IX).

Из закрытых водоотводов в современной ирригационной практике наибольшее распространение получили трубчатые, устраиваемые из гончарных пеглазурованных труб. Эти трубы, длиной обычно 0,30 м, формируются без раструбов и укладываются без муфт, впритык друг к другу. Стык двух смежных труб обвертывается на протяжении двух верхних третей окружности мешочной тканью или толем; в нижней трети, обращенной к постели трубы, стык остается открытым. В грунтах легко размываемых или плавучих стык, кроме того, обсыпается гравием, а трубы укладываются на гравелистую подсыпку толщиной от 0,10 до 0,50 м, смотря по качеству грунта. В плавучих грунтах иногда приходится устраивать под трубы более или менее сложное основание из досок и кольев. На рисунке 146 приведены различные типы стыка и типы устройства оснований под трубы в неустойчивых грунтах.

На пересечениях закрытых дренажей с поверхностными водотоками стык следует обвертывать по всей окружности; кроме того, вокруг дренажей еще устраивают глинистое уплотнение; это делается для того, чтобы не было прямой фильтрации из водотока в дренаж; такая фильтрация влечет за собой вынос в дренаж частиц грунта, заиление и образование проломов.

Другие детали трубчатых дренажей — см. в разделе «Осушение».

Закрытые дренажи из фанеры, камней, дерева и других материалов редко применяются в современной ирригационной практике, как менее надежные, по сравнению с трубчатыми. Бетонные трубы также в на-

стоящее время оставлены, так как соли, содержащиеся в грунтовой воде, очень быстро разрушают бетон. Единственным материалом, пригодным для трубчатых дрен в условиях орошения, считается хорошо обожженная гончарная труба (о гончарных трубах в качестве материала для дрен — см. раздел «Осушение»).

Применение вспомогательных колодцев на горизонтальных дренах. В ряде случаев грунтовая вода, залегающая в проницаемой породе ниже глубины, доступной для горизонтального дренажа, нахо-

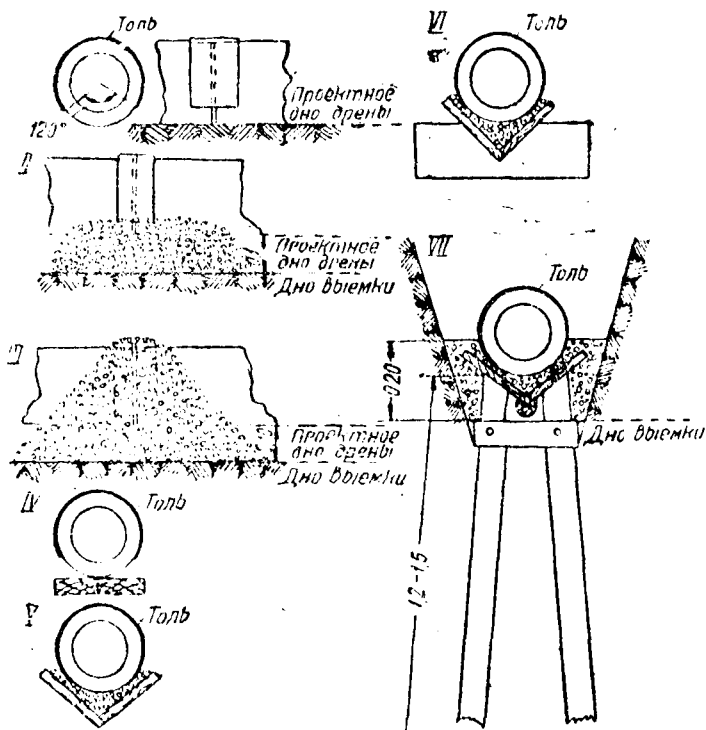


Рис. 146. Типы оснований под дренажные трубы: I — простейший стык с оберткой толем; II — стык на гравелистом основании; III — обсыпной стык на гравелистом основании; IV — простейшее основание на досках; V — основание из досок, сбитых углом, с подсыпкой мелкого гравия; VI — то же с добавлением коротких досчатых поперечин через 1 м; VII — то же на сваях через 1 м.

дится под гидростатическим напором, причем этот напор поднимает воду к поверхности, создавая заболачивание. В таких случаях применяется горизонтальный дренаж, усиленный вспомогательными колодцами. Для усиления действия дренажа на удаление грунтовых вод необходимо воде, находившейся в подстилающем проницаемом пласту, дать выход непосредственно в дренаж через ряд колодцев, опущенных в этот пласт. Колодцы могут действовать не круглый год, а периодически. Они имеют диаметр 5—15 см и крепятся смотря по надобности. Глубина их обычно не более 7 м от дна дрены, так как при помощи

ручного бурения трудно достигнуть большей глубины. Расстояние между колодцами делается от 15 до 150 м и более.

Колодцы устраиваются сбоку дрены, которая может быть и открытой и закрытой, и присоединяются в ней через особый отвод (рис. 147).

Глубина горизонтальной дрены, принимающей воду из вспомогательного колодца, должна быть такова, чтобы действующий через колодец гидростатический напор мог поднять в нем воду несколько выше уровня ее в дрене.

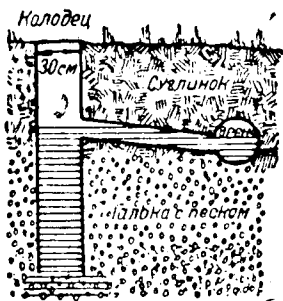


Рис. 147.

Выбор водоприемника для водоотводной сети. Водоприемником для водоотводной сети может служить: 1) река, 2) овраг, 3) сбросной канал, 4) оросительная сеть (если дренажная вода используется для орошения). Водоприемник должен обладать надлежащей пропускной способностью и удовлетворять требованиям поддержания горизонтов воды на определенном уровне.

Если в качестве водоприемника для самотечного отвода используются река или канал, то график их режима должен быть предварительно сопоставлен с предполагаемым режимом дренажной сети. Если

получающийся по графику перерыв в работе дренажной сети недопустим, то прибегают к регулированию водоприемника (углублению, спрямлению) или же применяют перекачку.

Определение проектной глубины захвата грунтовых вод горизонтальным дренажем. Если на орошаемую площадь поступают грунтовые воды извне и уровень этих вод не может быть понижен путем одних агротехнических и эксплуатационных мер, то приходится прибегать к искусственному их захвату и отводу. Глубина захвата, как правило, должна быть такая, чтобы уровень грунтовых вод не поднимался ближе 2,5 м к поверхности*.

Если поверхностный слой почвы подстилается на небольшой глубине галечным, песчаным, вообще проницаемым пластом, то дрены должны быть заложены в этом пласте. Тогда приток в них и зона их влияния будут наибольшими. Глубина, до которой можно опускаться в поисках проницаемого пласта, определяется из экономических соображений и связана со способом производства работ.

Учитывая, что траншейные экскаваторы роют сравнительно легко до 5 м, а более крупные — и до 6 м, можно считать предельную глубину заложения начальных дрен до 3,5—4 м. При определении глубины захвата грунтовых вод следует прежде всего исходить из гидрогеологических условий района; если же изучение этих условий не дает определенных указаний, то глубину захвата принимают от 2,5 до 3 м, сообразуясь с возможностью вывода воды самотеком в водоприемник.

Расстояние между дренами. Расстояние между дренами для отвода грунтовых вод зависит: 1) от глубины, на которую заложены дрены; 2) от водопроницаемости того пласта, в котором заложены дрены.

Приводимые ниже ориентировочные расстояния можно рассматривать как примеры, но отнюдь не как нормы для проектировки.

* Требуемая глубина уровня грунтовых вод зависит от характера орошаемых с.-х. культур, а также почвенных и климатических условий. Она устанавливается на основании опытных данных для соответствующих культур и районов.

При отсутствии проницаемой прослойки, в которой укладываются дрены, расстояние между ними может быть от 80 до 100 м и более. При наличии песчаной прослойки расстояние между дренами может быть от 100 м до 400 и даже до 700 м. При гравелистой прослойке или при гравелистой подпочве практика допускает расстояние между дренами от 300 м до 800 м и более. Глубина дрен во всех приведенных случаях равна 2,5—3 м от поверхности земли.

Дрены, перехватывающие приходящую со стороны грунтовую воду, действуют в сторону ограждаемой площади на гораздо большее расстояние, чем обыкновенные дрены, отводящие местный приток, равномерно распределенный по дренируемой площади.

При перехватывании грунтового потока важно перехватить его целиком. Для этого дрена достаточного сечения должна быть заложена на водоупорном пласте, подстилающем водонепроводящий пласт. Если последний залегает на такой глубине, которая не может быть достигнута дренами без очень больших затрат, то дрене придается нормальная глубина, а вдоль нее помещаются соединенные с ней вспомогательные колодцы, которые и доходят до подошвы водонепроводящего пласта.

В случае перехватывающего характера дренажа водосборная способность крайних дрен может быть определена по дебиту грунтового потока, приходящемуся на длину каждой дрены. Дебит грунтового потока определяется в этом случае по одному из известных способов.

Еlliott предлагает рассчитывать перехватывающие дрены, в зависимости от характера пласта и площади стока, по следующим приближительным нормам: с 1 га для суглинистой почвы с небольшим уклоном следует рассчитывать на отвод 0,16 л/сек., а для гравелистой почвы со значительным уклоном — 0,55 л/сек.

На засоленных почвах с близкими грунтовыми водами, не имеющими оттока, дрены рассчитываются на отвод промывных вод.

Wrown на основании американской практики рекомендует брать следующие расчетные нормы отвода в зависимости от грунта:

Суглинистый грунт	от 0,24 до 0,47 л/сек. с 1 га
Песчаный грунт	» 0,28 » 0,7 » » 1 »
Гравелистый грунт	» 0,7 » 0,9 » » 1 »

Уклон закрытых дрен должен быть возможно более крутым для увеличения пропускной их способности и во избежание заиливания. При внутреннем диаметре в 30 см (12 дюймов) и меньше минимальный уклон должен быть равен 0,001. Лучше увеличивать уклон до 0,002, а для песчаных грунтов — до 0,003 (если это возможно по условиям отвода).

Для коллекторов допустима большая свобода выбора уклона. Наименьшая величина уклона для коллекторов допускается 0,0005, при условии тщательной укладки труб опытными рабочими. Уклоны меньше 0,0005 в практике закрытого трубчатого дренажа не употребляются.

Диаметр трубчатых дрен. В дренажной практике не применяют труб диаметром меньше 10—12,5 см (4—5 дюймов). Во избежание заиливания, лучше не употреблять труб диаметром меньше 15 см (6 дюймов).

Наибольший диаметр труб для дренажа зависит от их качества (чем больше диаметр, тем стенки труб должны быть прочнее). В практике США диаметры выше 50—60 см (21—24 дюйма) составляют исключение.

Гидравлический расчет -- см. в разделе «Осушение».

§ 100. Вертикальный дренаж посредством насосных колодцев

Принцип действия дренажных насосных колодцев и гидрогеологические условия для их успешной работы. Нередко площадь с высоким стоянием грунтовых вод на значительной глубине (до 50 м и более) подстилается одним мощным водоносным пластом или целой свитой таких же более мелких пластов. Погружая колодец в эти пласты и откачивая из него воду, можно создать нисходящий ток грунтовой воды из верхних слоев к этим питающим колодец пластам. В результате нисходящего тока вокруг колодца образуется депрессионная воронка. Такой колодец является дренажным колодцем. Дренажные насосные колодцы получили впервые практическое применение в США в 20-х годах текущего столетия.

По данным американской практики, для успешного действия дренажных колодцев необходимы три условия:

- 1) наличие прямого сообщения между поверхностными и подстилающими их водоносными пластами, которые должны питать колодец;
- 2) хорошая порозность этих последних пластов;
- 3) достаточная мощность этих пластов для откачки из них значительных объемов воды в целях энергичного действия на вышележащую толщу грунта.

Грунты, осушаемые дренажными насосными колодцами, должны обладать хорошим внутренним стоком; при этом роль дрен, собирающих воду, играет толща грунта или эту роль выполняют гравелистые и песчаные линзы в ней, а выводным коллектором служит водоносный пласт, питающий колодцы. Дренажные насосные колодцы применяются:

- 1) для понижения уровня грунтовых вод, притекающих извне на данную орошаемую площадь и не имеющих оттока в силу гидрогеологических условий;
- 2) для удаления фильтрационных вод, поступающих с вышележащих площадей (если эта фильтрация не может быть прекращена или изолирована);
- 3) для удаления вод, интенсивно поступающих в почву из реки.

Задачи, которые могут быть решены по преимуществу посредством насосных колодцев.

1) *Требуется особенно глубокий дренаж, недостижимый при горизонтальном расположении дрен.* Понижение уровня грунтовых вод зависит от величины опускания уровня в колодце при откачке (в колодцах понижение уровня воды может достигать до 10—15 м и больше).

2) *При резких колебаниях уровня грунтовых вод в течение года требуется не допустить поднятия осолоненных грунтовых вод выше заданной глубины.* Горизонтальный дренаж может оказаться или вовсе несостоятельным, вследствие несоответствия пропускной способности грунта с величиной притока, поднимающего горизонт грунтовых вод, или же дрены придется укладывать очень часто и глубоко.

В этом случае применяется вертикальный дренаж с большой глубиной откачки, продолжающийся и при низком стоянии уровня грунтовых вод. Такой дренаж позволяет понизить их уровень в зоне влияния колодца настолько, что последующий усиленный приток воды не сможет поднять уровень грунтовых вод выше заданной отметки.

3) *Легко размываемый грунт, например, лёсс, дренируется с целью промывки (удаления) солей в дренаж.* В этом случае, вертикальный дренаж при промывке будет служить лучше горизонтального, так как он не подвержен заилению.

Типы дренажных насосных колодцев и их глубина. Существуют три типа насосных колодцев для дренажа: 1) колодцы с притоком воды через

стенки, 2) колодцы с притоком воды только через дно (так называемые колодцы с открытым дном), 3) колодцы с притоком воды и через стенки и через дно.

1. Наиболее распространены колодцы с притоком воды через стенки. Они употребляются во всех случаях, когда скважина пересекает один или несколько водоносных пластов.

Обычно чем глубже колодец, тем он обильнее водой и тем больше, в случае успешного действия, радиус его влияния (из этого правила возможны исключения).

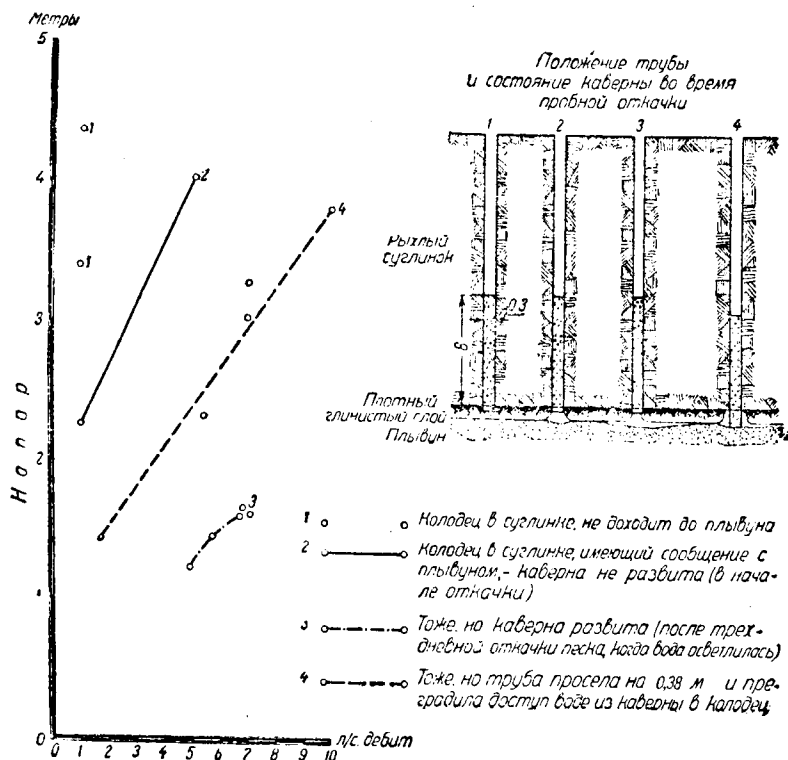
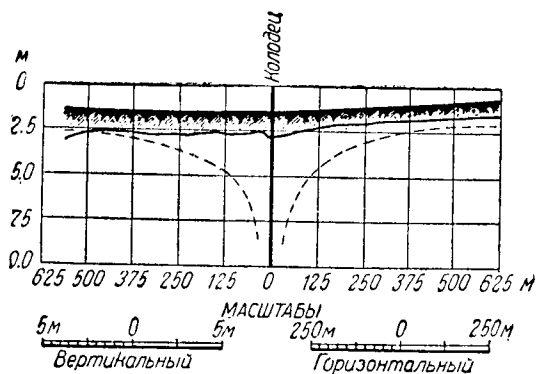


Рис. 148.

Назначать глубину колодца необходимо на основании разреза разведочной скважины и пробных откачек из нее. Опыт показывает, что колодцы, расположенные даже на сравнительно близком друг от друга расстоянии (до 1 км), могут иметь различный по составу пород разрез скважины. Нормальной глубиной дренажного насосного колодца с проницаемыми стенками надо считать от 20 до 80 м (известны колодцы и мельче). Наибольшая глубина этих колодцев может доходить до 150 м, а в исключительных случаях — даже до 300—400 м.

2. Благоприятными условиями для устройства колодца с открытым дном будут следующие: осушаемый плотный пласт или группа пластов

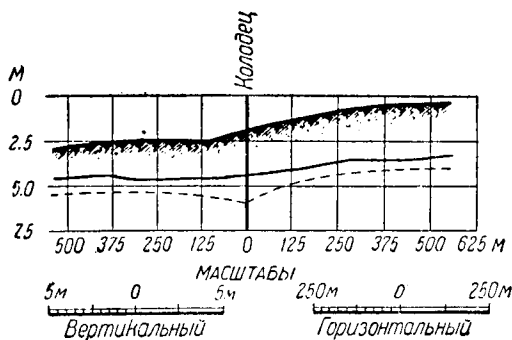
подстилаются песчаным пластом значительной толщины и мелкозернистого строения; при этом песчаный пласт перекрыт достаточно плотным глинистым пластом, на который можно безопасно опереть колонну колодца.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Уровень горизонта грунтовых вод до откачки
- То же - во время откачки

Рис. 149.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Уровень горизонта грунтовых вод до откачки
- То же - во время откачки

Рис. 150.

Один секундо-литр дебита такого колодца может стоить гораздо дешевле по сравнению с дебитом колодца с проницаемыми стенками. Колодцы с открытым дном работают за счет вымывания песка из-под плотной перекрышки песчаного пласта и образования каверны; поэтому с течением времени дебит колодца повышается в несколько раз против начального (небольшие индийские колодцы давали в подобных случаях увеличение дебита до 5 раз).

Однако такие колодцы имеют и крупные недостатки: при чрезвычайно мелком песке и недостаточно прочной перекрышке они подвержены авариям, происходящим от проламывания перекрышки и погружения всей колонны колодца в песок. По данным американской практики, один из каждых пяти колодцев с открытым дном погибает таким образом. На рис. 148 представлен дебит небольшого колодца, в зависимости от глубины понижения уровня при откачке, для разных

фаз разработки колодца с открытым дном (вплоть до провала перекрывающего слоя и просадки трубы).

Глубина колодцев с открытым дном значительно меньше, и стоимость их ниже по сравнению с первым типом. Эта глубина определяется положением питающего песчаного пласта. Известны случаи, когда глубина успешно действующих колодцев с открытым дном была не свыше 20 м.

3. Если толща грунта, перекрывающего водоносный песок (в условиях, описанных в предыдущем случае), сама способна с известной легкостью отдавать воду или в нее включены водопроницаемые прослойки, то целесообразно устраивать колодцы с притоком воды и через стенки и через дно.

При таком колодце достигается более быстрое и интенсивное понижение грунтовых вод.

Глубина откачки и дебит колодца. В плотных грунтах понижение уровня грунтовых вод при откачке воды из колодца распространяется на сравнительно небольшое расстояние; по мере удаления от колодца это понижение быстро сходит на-нет. В таких условиях для увеличения зоны влияния колодца приходится увеличивать глубину откачки. Вообще колодцы в глинистых грунтах характеризуются малым дебитом, крутой воронкой депрессии и сравнительно меньшим взаимным расстоянием. Эти колодцы имеют большую глубину, т. е. большую строительную стоимость; благодаря увеличенной глубине откачки увеличивается и стоимость их эксплуатации.

Пример работы дренажного колодца в глинистом грунте представлен на рис. 149.

Колодцы в проницаемых грунтах дают более пологую воронку депрессии, больший дебит при меньшей глубине откачки и располагаются реже.

Пример работы колодца, заложеного в проницаемом грунте, представлен на рис. 150.

Как правило, чем легче и обильнее водой породы, в которых заложен колодец, тем меньше эксплуатационное понижение уровня в колодце. Так, например, на системе р. Солт-ривер в штате Аризона (США) колодцы, заложённые в породе с преобладанием гравия, работали в 1922/23 г. при среднем понижении до 7 м и давали средний дебит около 127 л/сек. Колодцы, заложённые в породе с преобладанием глины и хард-пепа, работали при среднем понижении около 12 м и давали дебит в среднем 84 л/сек. Колодцы, заложённые в почти чистых глинах, работали при понижении в среднем около 16 м и давали дебит порядка 48 л/сек. Максимальное понижение было около 22 м, а минимальное — около 4 м. В этих пределах практически колеблется величина понижения уровня по оси колодца.

Многоводность колодца характеризуется его дебитом, выраженным в кубических метрах или в литрах в секунду. Дебит зависит от пород, в которых заложен колодец, от устройства колодца, в частности, его водоприемной части (длины ее, типа фильтра и пр.), и от глубины понижения уровня воды в колодце при откачке.

Дебит дренажных насосных колодцев на практике изменяется в весьма широких пределах: от 10 до 200 и более литров в секунду. Чем больше дебит колодца, тем вернее можно рассчитывать на хорошее дренирующее действие колодца. Маловодные колодцы считаются неудачными.

Мерой водоотдачи колодца считается удельный дебит; удельным дебитом называется отношение полного дебита к тому понижению уровня в колодце, при котором был получен этот дебит. Удельный дебит колодцев системы р. Солт-ривер колеблется от 3,1 л/сек. на 1 м понижения для глинистых колодцев и до 17,4 л/сек. для колодцев гравелистых. Дренажные колодцы в г. Амритсаре в Индии, заложённые в песке, дали удельный дебит 13,3 л/сек на 1 м понижения. Опытный дренажный колодец заложённый в Голодной степи в пльвуце, дал удельный дебит 4,5 л/сек. на 1 м понижения. В практике встречаются удельные дебиты от 2 до 50 л/сек и больше на 1 м понижения.

Согласно предыдущему, удельный дебит служит показателем природных и строительных условий работы колодца. С увеличением плотности

грунта полный дебит колодезев резко падает. Еще резче падает удельный дебит; он уменьшается почти пропорционально увеличению глинистой породы в разрезе колодца.

Диаметр колодца; длина перфорированной части (стренера) колодца, тип и конструкция ее. Диаметр колодца зависит от дебита колодца. Современные дренажные колодцы, опускаемые посредством бурения, имеют диаметр от 250 до 500 мм; наиболее употребительны диаметры 400—450 мм.

Длина стренера (перфорированной части) в колодцах, имеющих про-ницаемые стенки, назначается по возможности на всем протяжении водо-проницаемых грунтов по разрезу колодца. В других случаях дырчатая труба идет сплошь, начиная с известной глубины. Так, на системе р. Солт-ривер колодцы имеют сплошь дырчатые стенки за вычетом только верхних 15 м.

Употребительны стренеры трех типов. Простейший тип представляет колодезную трубу, в которой проделаны круглые или щелевидные от-верстия: круглые — диаметром 10—20 мм, щелевидные — размером 5×100. Простейший стренер получается при прорезывании отверстий сверху особым перфоратором в двойной обсадной трубе листового железа при так называемом калифорнийском способе бурения. Этот тип стренера допускается для галечных грунтов. Для песчаных грунтов со значитель-ной примесью гравия может быть применена та же дырчатая труба, но оплетенная сеткой с такими отверстиями, чтобы через них проходило не больше 40—60% породы. Песчаная фракция в ходе откачки на извест-ном расстоянии вокруг стренера будет вынесена в колодец, а гравели-стая образует естественный антифильтр, который преградит дальней-ший доступ песка в колодец. Сетка напавивается на спирально навитую на трубу проволоку толщиной 4—5 мм с расстоянием между вит-ками около 100 мм. При чисто-песчаной породе стренер, такой же как и в предыдущем случае, дополнительно обсыпается снаружи гравием, иногда в несколько концентрических слоев разной крупности.

Механическое оборудование колодца. В большинстве случаев на дре-нажных насосных колодцах устанавливаются центробежные насосы на вертикальном валу, присоединяемые непосредственно к вертикаль-ному электромотору. Электромотор может быть заменен шкивом с ре-менным или зубчатым приводом к нефтяному двигателю или трактору. На практике все постоянно работающие установки обслуживаются электроэнергией.

В исключительных случаях вместо вертикального насоса может быть применен горизонтальный. Это возможно, если грунты, в которых заложен колодец, отличаются хорошей водоносностью и водоотдачей, так что и при сравнительно небольшом понижении уровня в колодце можно получить достаточный дебит и хорошую воронку депрессии. По-нижение уровня воды в колодце, достигаемое горизонтальными центро-бежными насосами, зависит от его высоты всасывания, которая в су-ществующих горизонтальных насосах достигает 6 м. Чтобы еще больше выиграть в глубине опускания, насос может быть помещен не на поверх-ности земли, а в шурфе; если грунтовые воды поднимаются высоко, то шурф должен быть водонепроницаемым. Однако устройство шурфа весьма удорожает стоимость колодца.

Насос, обслуживающий колодец, должен быть снабжен вакуумметром. Желательно также приспособление для автоматического пуска при под-нятии уровня в колодце до контрольной отметки. Такие установки, работающие на электрической энергии, не нуждаются в постоянном над-зоре и могут обслуживаться разъездным механиком (по одному на каждые 4 или 5 колодезев).

Радиус действия. Расположение колодцев. Дренажные насосные колодцы располагаются или в одиночку, причем каждый колодец имеет свою особую задачу в пределах своей зоны влияния без связи с соседними колодцами, или эти колодцы располагаются группами поперек общего потока грунтовых вод. В последнем случае эффект каждого колодца зависит от работы всей сети колодцев или части ее. Выбор той или другой схемы зависит от гидро рельефа местности и размеров поставленной дренажу задачи. При второй схеме несколько колодцев в ряду полезно делать более глубокими, доводя их до более мощных питающих пластов. Расстояние между колодцами в ряду принимается обычно при успешном действии колодцев около 1 500 м. В плотных грунтах с малой водоотдачей это расстояние уменьшается наполовину. Таков же бывает в подобных случаях и практический радиус действия одиночных колодцев.

§ 101. Составление проекта вертикального дренажа

Изыскания под вертикальный дренаж насосными колодцами должны иметь своей целью выяснение наличия трех условий, при которых дренаж этого рода будет успешно действовать, как-то: 1) сообщение между поверхностными и глубинными водоносными пластами, 2) хорошая водопроницаемость этих пластов, 3) достаточная их мощность для откачки из них значительных объемов воды. Однако только второе условие (водопроницаемость породы) может быть определено при разведке исчерпывающим образом. Эта разведка в районах, совершенно не изученных гидрогеологически, заключается в закладке скважин диаметром 15—20 см до глубины 50—80 м. При проходке должны быть уловлены все слои с наиболее высокой удельной водоотдачей, которые могут быть использованы для питания колодца. Одновременно производят наблюдения за уровнем грунтовых вод в наблюдательных шурфах или скважинах, расположенных по двум перпендикулярно друг к другу разбитым створам. Все данные по мере их получения наносятся на график, представленный на рис. 151.

Вопросы, заключающиеся: 1) в определении дебита колодца и его зависимости от понижения уровня в колодце при откачке; 2) в определении дренарующего действия колодца (глубины и дальности опускания уровня грунтовых вод вокруг колодца), решаются на опытном колодце облегченной конструкции, устраиваемом возле бывшей разведочной скважины. В случае успеха такой колодец может быть оборудован постоянной насосной установкой и передан в эксплуатацию. Данные этой фазы исследований выражаются графически в виде кривой, связывающей дебит колодца с понижением уровня в нем при откачке или с напором (рис. 152). Эта кривая называется *характеристикой колодца*.

Дренарующее действие колодца изображается или в виде совмещенного графика отдельных наблюдательных точек с показанием продолжительности и перерывов откачки (рис. 153), или в виде последовательных воронок депрессии.

По материалам изысканий и опытных откачек устанавливаются пласты, из которых должна производиться откачка. Затем выбирают тип колодца и определяют его глубину. Выбор глубины колодца, на основе тщательного проведенных предварительных испытаний, даст возможность определить в его удельный дебит, который и будет первой величиной, характеризующей работу колодца.

Определение величины притока грунтовых вод к колодцу. Задача дренажных колодцев заключается в том, чтобы не допустить колеблющей-

ся уровень грунтовых вод подходить к поверхности, ближе заданной глубины. Такой глубиной для орошаемых районов считается обычно глубина не меньше 2,5 м.

Таким образом, в основу дальнейшего расчета должен лечь средний график колебаний уровня грунтовых вод в дренируемом районе. Этот график должен быть многолетним.

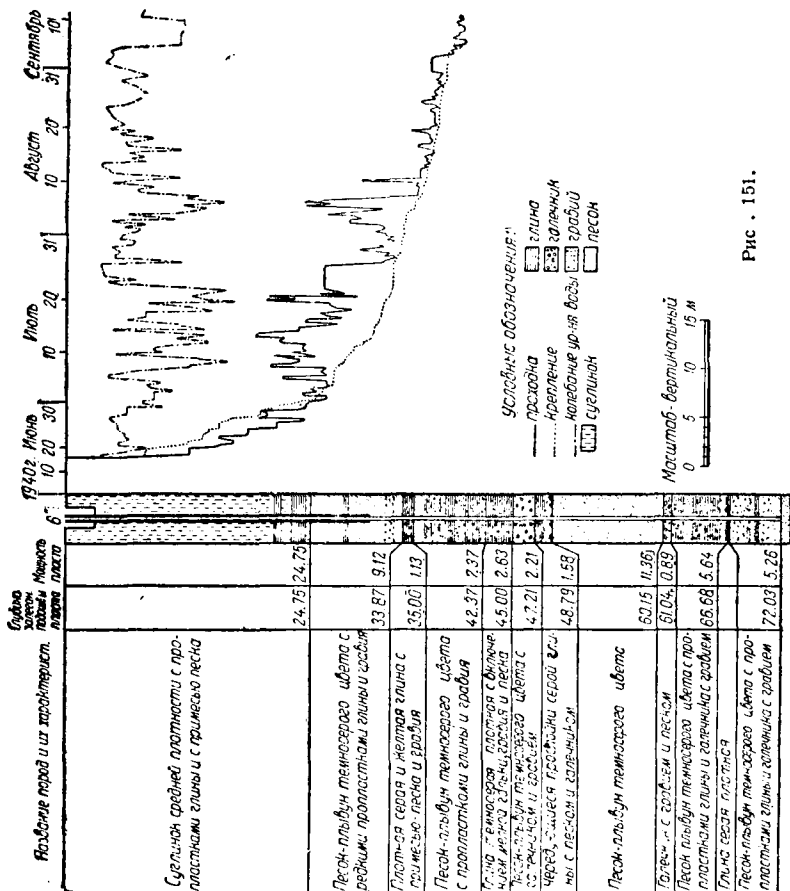


Рис. 151.

Объем осушаемого пласта земли (V_i), соответствующий некоторому отрезку графика, будет равен:

$$V_i = \alpha h_i \omega_i,$$

где h_i — переменная глубина от поверхности земли до горизонта грунтовых вод по графику ($h_i < 2$ м);

ω_i — площадь (на карте глубин залегания грунтовых вод), на которой грунтовые воды стоят на глубине h_i .

Объем откачки, который сможет погасить опасный подъем грунтовых вод, будет равен:

$$V_i = \alpha \Delta h_i \cdot \omega_i$$

или для всего дренируемого района:

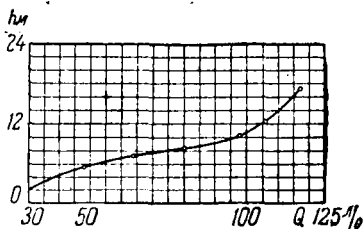
$$\Sigma V_i = \Sigma \alpha \Delta h_i \cdot \omega_i$$

α — гравитационная порозность грунта, т. е. тот процент его объема, который занимает в нем при насыщении вода, находящаяся под действием силы тяжести и могущая притекать к колодезю.

Величина Δh_i может быть здесь взята с графика грунтовых вод по наибольшему декадному приросту, что в нижеприведенном выражении требуемого секундного оттока дает запас мощности насосных установок. Секундный отток со всей площади в этом случае будет:

$$D = \frac{\Sigma V_i}{86400 \cdot 10} = \frac{\Sigma \alpha \Delta h_i \omega_i}{86400 \cdot 10} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

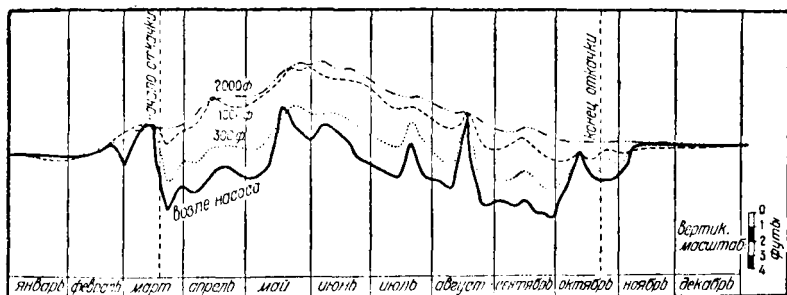
Рис. 152.



Пример. Пусть площадь с глубиной грунтовых вод

0—0,5 м будет	.....	1 000 га
0,5—1,0 » »	.....	2 500 »
1,0—1,5 » »	.....	2 800 »
1,5—2,0 » »	.....	3 000 »

9 300 га



— возле колодца на расстоянии 300 футов — — — на расстоянии 200 футов
 - - - - на расстоянии 100 футов

Рис. 153.

Эти площади определяются по карте равных глубин. Соответствующие наибольшим суточные Δh_i по графикам колодезев пусть будут: 5 см, 4 см, 3,5 см и 3,5 см; $\alpha = 10\%$. Тогда:

$$D = \frac{0,1 (0,05 \cdot 1\,000 + 0,04 \cdot 2\,500 + 0,035 \cdot 2\,800 + 0,035 \cdot 3\,000) \cdot 1\,000}{86400} = \sim 4,1 \text{ м}^3/\text{сек. с площади } 9\,300 \text{ га.}$$

При таком способе расчета мощность колодцев получается наибольшая, но зато продолжительность их работы наименьшая; колодцы понижают уровень тотчас по мере его подъема; поэтому работа колодцев должна продолжаться только во время подъема грунтовых вод на участке графика с глубинами $h_i < 2-2,5$ м.

Практически, приспособляясь к естественным свойствам грунта, следует иметь в виду вариант расчета, исходящий из наибольшей продолжительности откачки и из соответствующего прироста кубатуры грунтовых вод, подлежащих откачке. Это условие выражается заданием удалять откачкой (в течение года) всю воду, повышающую уровень грунтовых вод над минимумом. При этом задании вид формулы для D будет такой:

$$D'' = \frac{\sum V_i}{t} = \frac{\sum \Delta'' h_i \omega_i}{t};$$

где $\Delta'' h_i$ — годовая амплитуда колебаний грунтовых вод для различных интервалов h_i , на карте равных глубин; ω_i — площади, соответствующие этим интервалам h_i на карте равных глубин, построенной для минимума грунтовых вод;

t — 365·86400 секунд, или величина соответственно меньшая, в зависимости от периода, за который берутся Δh_i .

В этом случае за счет большей продолжительности откачки мы получаем наибольшую обеспеченность, так как исходим уже не из критической глубины 2—2,5 м от поверхности, а из наибольшей или близкой к ней; эта глубина, вообще говоря, значительно превышает упомянутую критическую.

При таком режиме откачки происходит регулирование оттока в течение года, дебит колодца получается меньше и ближе подходит к естественным свойствам грунтов. Это регулирование сводится к образованию (благодаря летней и зимней откачке) подземного водохранилища. Оно прежде всего и заполняется при весеннем подъеме грунтовых вод, задерживая подъем их к поверхности.

В общем можно сказать, что в проницаемых грунтах продолжительность откачки может быть взята меньше, в плотных она должна быть больше. Практически эта продолжительность составляет от 8 до 11 месяцев в году.

Число колодцев может быть установлено по площади действия их или по притоку. Практика показывает, что в благоприятных условиях зона влияния колодца распространяется на 800—1 000 м в сторону от него, что составляет обслуживаемую колодцем площадь в среднем в 250 га. В глинистых грунтах радиус действия колодца сокращается наполовину. С другой стороны, удельный дебит, умноженный на рабочий напор колодца, дает его полный дебит. Разделив требуемый секундный отток $сб$ всей площади на полный дебит колодца, получим число колодцев. Таким образом, определение числа колодцев сводится в этом случае к определению рабочего напора или понижения уровня воды в колодце при откачке.

До известного предела опускания уровня в колодце диаметр последнего не влияет практически на дебит. Но как только уровень в колодце понизится настолько, что поступление воды через стрелер (дырчатую часть колодца) будет затруднено и начнет резко сказываться так называемое сопротивление колодца, тогда увеличение диаметра станет желательным и от него будет зависеть дальнейшее увеличение дебита колодца. Диаметр колодца устанавливается на основании материалов изысканий и по сравнению с существующими установками подобного рода.

Расчет как дырчатого, так и сетчатого стрелера сводится к определению суммарной площади его отверстий на основе условия, чтобы ско-

рость, с которой пройдет через стренер заданный дебит, не смогла вымыть больше заданного процента породы. Для гравелистых грунтов процент породы, проходящей через стренер, принимается не свыше 30—40%, для песчаных грунтов — 40—60%. Расчет производится по общепринятому методу.

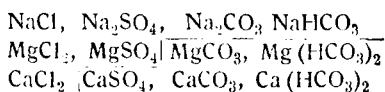
Насос для дренажных колодцев подбирают при испытании колодца. Испытание колодца начинается при минимально возможном открытии задвижки насоса. Замеряют установившийся дебит и соответствующее ему понижение уровня воды в колодце. После этого увеличивают открытие задвижки, дебит увеличивается, уровень в колодце понижается, снова замеряют установившиеся величины того и другого и т. д.; так поступают до тех пор, пока дальнейшее открытие задвижки не будет давать постоянный дебит при продолжающемся понижении уровня в колодце. Найденные пары значений дебита и напора наносят на график и получают кривую характеристики колодца (рис. 152). Эта кривая показывает те реальные условия, к которым следует приблизить эксплуатационный режим колодца: а) посредством выбора глубины откачки (а тем самым выбора и дебита колодца); б) посредством выбора насоса по определенному дебиту. От реального дебита зависит и реальный дренарующий эффект колодца, а значит и реальный эксплуатационный план работы колодца; таким образом, этот план может быть составлен только после испытания колодца.

ГЛАВА XVI

МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ И СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

§ 102. Общие сведения

Солончаки. Засоленными почвами или солончаками вообще называют почвы, обогащенные простыми солями минеральных кислот: соляной, серной, угольной, фосфорной, азотной. В более узком смысле и в практике солончаками называют почвы, содержащие в себе воднорастворимые соли этих кислот в количествах, вредных для растительности. Во всех обычных случаях в солончаках присутствуют следующие соли:



В отдельных случаях накапливаются также соли азотной кислоты. Распределение солей по профилю почвы может быть разнообразно: в условиях близости грунтовых вод к поверхности земли часто максимум солей скопляется в самом поверхностном слое почвы, а ниже количество их убывает; в других случаях, наоборот, количество солей увеличивается с глубиной. В случаях, когда верхний горизонт почвы не содержит солей, а ясное засоление начинается с некоторой глубины (например, 30—50 см), почвы именуется часто солончаковатыми.

Количество солей в солончаке, при котором растения не могут развиваться (критическая величина засоления), меняется в весьма широких пределах в зависимости от многообразных условий, из которых главнейшими являются следующие: конкретный солевой состав и распределение солей по профилю почвы; характер растения и его возраст, характер агротехники и поливного режима на поле, динамические изменения солевого состояния почвы во время вегетации, физико-химические свойства почв, климатические условия района.

Солевой состав почвы оказывает очень серьезное влияние на критическую величину засоления, так как вредность индивидуальных солей резко различна. В вышеприведенной таблице солей жирная черта отделяет сверху соли наиболее вредные, от солей, расположенных внизу, менее вредных и частично совсем безвредных. Из этого подразделения видно, что наиболее вредными солями, являются все натровые и все хлоридные. Ввиду указанной зависимости критической величины засоления от многих местных переменных в практике нужно стремиться составлять местные узкорайонные критические величины.

Для ориентировки в характере критических величин засоления ниже приводятся обобщенные таблицы, одна — для США, составленная Кэрнеем, и другие — для хлопковой зоны Средней Азии СССР, составленные Всесоюзным институтом удобрений и агропочвоведения (ВИУА), и две частные таблицы, составленные Федоровым для Голодной степи и Ферганы. Все таблицы предполагают отсутствие в составе солей нормальной соды; в случае ее присутствия все величины значительно понижаются.

Таблица Кэрнея норм засоления, принятых в США

Степень засоления	Возможные культуры
Сильная — 1,0—0,8%	Свекла сахарная (с пониженным качеством продукции; нормально свеклу не надо сеять при засолении свыше 0,5% солей), пырей западный, костер безостый, райграс французский.
Средне-сильная — 0,8—0,6%	Брюква, кормовая капуста, сорго, ячмень на сено, овсяница луговая, райграс итальянский, бор (могар).
Средняя — 0,6—0,4%	Хлопчатник (египетский хлопчатник дает при этих условиях волокно плохого качества, поэтому его не следует сеять при засолении свыше 0,4% солей), ячмень и рожь на зерно, овес и пшеница на сено, спаржа, пелюшка белая, тимopheевка, ежа сборная.
Слабая — 0,4—0,1%	Пшеница, полба, овес на зерно, мило*, просо, полевой горох, вика, конские бобы, люцерна.

В этой таблице верхний предел каждой величины относится к засолению сульфатному, нижний — к хлоридному. В случае присутствия в составе солей соды, критические величины значительно понижаются.

Характеристика засоленных почв по данным ВИУА (преимущественно для Средней Азии)

Группы	Плотный остаток	Хлор	Наименование
1	Меньше 0,3	Меньше 0,01	Не засоленные
2	Меньше 0,3	0,01—0,10	
3	0,3—1,0	Меньше 0,01	Слабо засоленные
	1,0—2,0	0,01—0,10	
4	0,3—1,0	Меньше 0,01	Средне засоленные
	2,0—3,0	Больше 0,10	
5	0,3—1,0	Меньше 0,10	Сильно засоленные
	2,0—3,0	Больше 0,10	
	Больше 3,0	Любое количество	Солончаки

* Просовое.

Характеристика засоленных почв Голодной степи и Ферганы (Б. А. Федорова)

Наименование почв	Плотный остаток		Хлор		Серная кислота	
	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее
1	2	3	4	5	6	7
Голодная степь						
Слабо засоленные	0,4—0,8	0,6	0,01—0,04	0,025	0,15—0,30	0,23
Средне засоленные	0,8—1,2	1,0	0,04—0,10	0,07	0,30—0,45	0,38
Засоленные	1,2—1,6	1,4	0,10—0,20	0,15	0,45—0,60	0,53
Сильно засоленные	1,6—2,0	1,8	0,20—0,30	0,25	0,60—0,80	0,70
Солончак	2,0—2,5	2,25	0,30—0,40	0,35	0,80—1,00	0,90
Фергана						
Слабо засоленные	1,0—1,8	1,4	0,01—0,04	0,025	0,5—1,0	0,7
Средне засоленные	2,2—3,0	2,6	0,04—0,10	0,07	1,0—1,5	1,2
Засоленные	2,6—3,6	3,1	0,10—0,20	0,15	1,5—1,8	1,6
Сильно засоленные	3,8—4,9	4,3	0,20—0,30	0,25	1,8—2,4	2,1
Солончак	3,8—4,9	4,3	0,30—0,40	0,35	—	1,9

Солончаки классифицируют.

а) по анионам — на хлоридные, сульфатные, карбонатные и смешанные по преобладанию тех или других анионов. В пригационной практике количество извести, как безвредной соли, не учитывается, а считается только сода;

б) по катионам различают солончаки натровые, магниевые и кальциевые, учитывая опять в первую очередь только легко воднорастворимые соли;

в) морфологически различают солончаки «пухлые» (засоленные преимущественно сульфатами), солончаки мокрые или корковые (засоленные преимущественно хлоридами) и солончаки черные, содержащие в себе значительное количество соды.

Солонцы. Солонцами (или вообще солонцовыми почвами) называют такие почвы, которые содержат в своей коллоидной части в качестве поглощенного катиона натрия. Присутствие в почве поглощенного натрия придает ей высокую дисперсность (глинистость, водонепроницаемость и другие свойства,

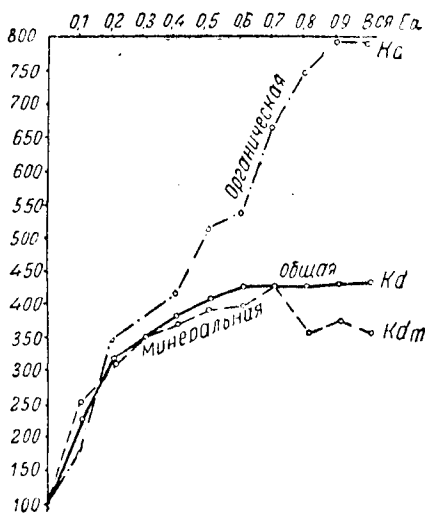


Рис. 151. Кривые изменения дисперсности почвы при различной степени насыщенности натрием.

присущие высокодисперсным массам), щелочную реакцию и легкую разрушаемость коллоидных частиц под влиянием даже воды и угольной кислоты.

Степень выраженности всех этих свойств солонцовых почв зависит от количества поглощенного натрия; соответственно этому солонцовые

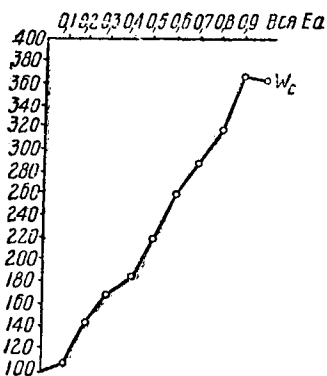


Рис. 155. Кривая изменения влагоемкости почвы при разной степени насыщенности натрием.

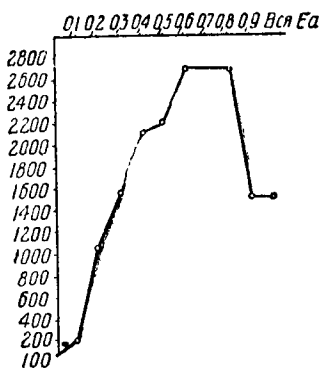


Рис. 156. Кривая изменения времени фильтрации при разной степени насыщенности натрием.

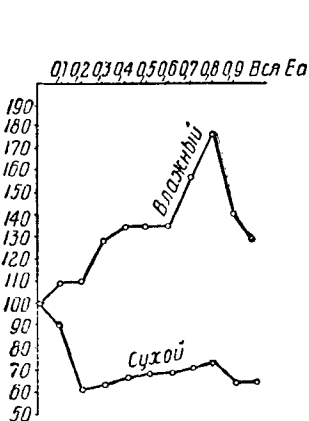


Рис. 157. Изменение объема почвы при увлажнении и высыхании.

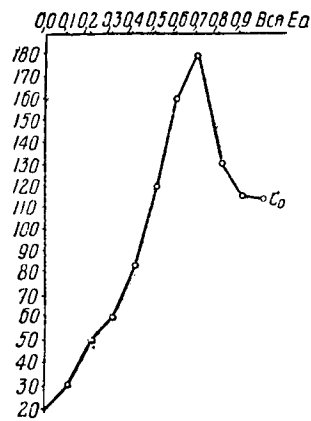


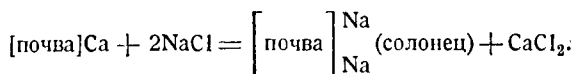
Рис. 158. Изменение связности при разной насыщенности натрием.

почвы или понижают свои с.-х. качества или делают совсем непригодными для с.-х. использования без мелиорации. Характер зависимости отдельных свойств почвы от степени солонцеватости показан на рис. 154, 155, 156, 157 и 158 (по Панкову). Нормы солонцеватости, вредящие с.-х. культурам, зависят от многих местных условий (так же как и нормы засоления). Для ориентировки можно пользоваться следующей шкалой:

Характеристика солонцеватых почв

Наименование	Процент поглощенного натрия от емкости поглощения	Потребные мероприятия
Слабо солонцеватые .	5—10	Все культуры возможны. Требуется специальная агротехника по рыхлению. При химизации промывка не обязательна.
Сильно солонцеватые	10—20	Культура возможна, но требуется химизация с промывкой.
Солонцы	20—30 и выше	При освоении этих земель предварительно должны быть осуществлены химизация и промывка.

Солонцовые процессы в почве возникают при промывке натровых солончаков, при орошении водой, засоленной натровыми солями, или, наконец, в природной обстановке при естественном выщелачивании натровых солончаков, при периодических воздействиях на почву капиллярных солевых токов, засоленных делювиальных вод, солей, выносимых на поверхность почвы дикой растительностью и пр. Общая схема возникновения солонца выражается следующей формулой:



В природной обстановке солонцовые процессы приводят к важному перераспределению коллоидов и воднорастворимых солей, что создает специфический морфологический профиль солонцовых почв. Этот профиль характеризуется тем, что насыщенные натрием коллоиды почвы оказываются вымытыми на некоторую глубину и здесь возникает иллювиальный горизонт, столбчатой или глыбистой структуры. Воднорастворимые соли оказываются вымытыми еще глубже и в значительных количествах залегают обычно непосредственно под столбчатым горизонтом. Соответственно этому располагается по профилю почвы количество поглощенного натрия.

Пример соотношения поглощенных катионов в солонцовой почве в процентах от общей емкости почвы:

Глубины	0—5 см	20—24 см	40—45 см	100 см
Сумма Ca + Mg	92,6	77,3	53,4	83,8
Na	7,4	22,7	46,6	16,2

Механический анализ так же обычно показывает обогащение иллювиального горизонта и обеднение верхних горизонтов глинистыми частицами.

Пример механического состава солонца

Глубины (в сантиметрах)	0—20	20—25	25—42	42—67	67—100
Процент частиц тоньше 0,01 мм	19,8	19,0	39,38	47,05	42,70

Пример распределения по профилю солонца воднорастворимых солей дан на рис. 159. Ввиду высокого расположения в солонце солевых горизонтов последние требуют такой же промывки, как и в солончаках.

Учитывая практическую важность глубины залегания и иллювиального солонцового горизонта, природные солонцовые почвы классифицируют обычно по этому признаку следующим образом:

Классификация солонцовых почв по глубине залегания иллювиального горизонта

Наименование	Глубина залегания иллювиального горизонта от поверхности земли
Корковые солонцы	менее 5 см
Солонцы обыкновенные	около 10—15 см
Солонцы глубокостолбчатые	более 20 см

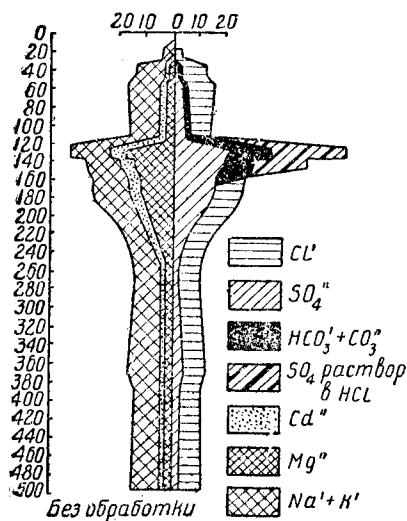


Рис. 159. Солевой профиль солонца.

Описанного типа структурные солонцы распространены преимущественно в каштановой зоне и в меньшей степени в зонах черноземной, бурой и серой. В серой зоне Закавказья и особенно Средней Азии широким распространением пользуются оригинальные солонцеватые почвы, носящие название такыров. Такыры характеризуются обычно крайне тяжелым механическим составом (до 95% частиц тоньше 0,01 мм), резко выраженной поверхностной солонцовой коркой (в других случаях солонцовые горизонты могут распространяться до глубины 50—60 см) и часто значительным засолением всей своей толщи.

Площади засоленных и солонцовых земель по Союзу. Засоленные почвы начинают встречаться единично уже в северной подзолисто-болотной почвенной зоне; так, они известны в Якутской области, в Западной Сибири (Бараба), Ива-

новской области, Белорусской ССР, площади их пока не могут быть определены. В степных почвенных зонах удельная роль засоленных и солонцовых почв значительна и характеризуется следующими цифрами (по данным акад. Л. И. Прасолова):

Зона черноземная:

солонцовых почв (главным образом в Западной Сибири)	320 000 км ²
пашни	1 500 000 »

Зона каштановая (европейская и азиатская):

солонцовых почв	600 000 »
несолонцовых	500 000 »

Зона сероземов:

такры	110 000 »
тугаи *, преимущественно засоленные	50 000 »
солончаковые и каменистые пустыни	800 000 »
сухие степи (незасоленные Л. Р.)	130 000 »

По тем же данным собственно солонцовых комплексов с преобладанием солонцов (не считая сплошь распространённых комплексов с меньшим их количеством) имеется:

В европейской части Союза	76 000 км ²
В Казахстане	128 600 »
По Нижней Волге	59 100 »
По Сибири	8 200 »

§ 103. Мелиорация засоленных почв

Промывка солончаков. Промывка является обычным методом удаления солей из засоленной почвы и, следовательно, ее улучшения.

Общее выражение для величины промывной нормы может быть дано в следующей форме:

$$M = P - m + nP,$$

где M — величина промывной нормы в кубических метрах на гектар;

P — величина предельной влагоемкости заданной k промывке почвенной толщи;

m — запас воды в почве перед промывкой;

n — коэффициент, могущий быть и меньше и больше единицы, в зависимости от степени засоления почвы, солонцеватости почвы, условий оттока промывных вод и технических условий промывок.

Конкретный смысл приведенного выражения заключается в следующем. Первая порция промывной нормы, равная $P - m$, доводит промываемую толщу почвы до состояния ее предельной влагоемкости. Этого объема воды обычно достаточно для того, чтобы перевести в раствор все находящиеся в почве натровые и другие легкорастворимые соли. После этого любая дополнительная порция воды будет проходить через промываемую толщу почвы насквозь и, следовательно, выщелачивать ее. Величина nP и имеет своим назначением вытеснение этого солевого раствора. При слабых степенях засоления иногда достаточно дать дополнительно; $0,5P - 0,75P$ для того, чтобы достигнуть достаточного для с.-х. культур рассоления. При средних степенях засоления коэффициент n возрастает обычно до 1—2 и при сильном засолении (на солончаках) — до 5—10.

Эффективность одной и той же промывной нормы тем больше, чем при более глубоких грунтовых водах начата промывка и чем лучше обеспечен отток промывных (дренажных) вод. В природной обстановке, в большинстве случаев солончаки залегают в условиях плохого естественного оттока, поэтому здесь задача обеспечения оттока промывных вод решается устройством искусственного водоотвода.

Промывки наиболее эффективны в осенне-зимний период, когда грунтовые воды залегают обычно наиболее глубоко и потери воды на испарение наименьше,

* Поймы рек.

Каждое поле перед промывкой обязательно должно быть хорошо спланировано

Планировка полей имеет весьма крупное значение в борьбе с засолением: во-первых, она обеспечивает возможность применения малых поливных норм, соответствующих дефициту предельной влагоемкости; во-вторых, обеспечивая равномерность увлажнения поля, она исключает накопление солей на повышенных бугорках и пятнистость поля и, в-третьих, создает возможность равномерной и эффективной промывки поля.

После планировки поле должно быть глубоко вспахано, хорошо разбороновано, выравнено малой или легким прикатыванием и разбито на чеки величиной от 0,1 до 0,25 га.

В тех случаях, когда для промывных вод есть хороший отток (галечники, дренаж, зауры), промывка наиболее эффективна и вопрос о выборе промывной нормы не имеет особо крупного значения, так как все промывные воды удаляются в дренаж и потому опасного подъема уровня грунтовых вод не происходит. Наоборот, в условиях отсутствия оттока грунтовых вод и промывных вод выбор правильной промывной нормы является очень важной задачей. В этих условиях вся часть промывной нормы, превышающая предельную влагоемкость почвы, ложится на уровень грунтовых вод и поднимает его. При этом каждые 1 000 м³ воды поднимают уровень грунтовых вод на 50—70—100 см. Применяя в этих условиях большую промывную норму, легко можно создать такое заболачивание и вторичное засоление, что промывка превратится в свою прямую противоположность, принесет больше вреда, чем пользы. Поэтому в условиях отсутствия оттока промывных вод необходимо осуществлять промывку минимальной промывной нормой.

Эта норма (член *nП*) рассчитывается таким образом, чтобы подъем уровня грунтовых вод после промывки не превышал нормального высшего их стояния весной. Например, если в момент промывки уровень грунтовой воды стоит на 3 м от поверхности, а весенний максимум их поднимается до 2 м, то промывкой можно поднять уровень грунтовой воды на 1 м. Зная, что каждые 1000 м³ промывной воды поднимают уровень грунтовой воды, например, на 70 см, определяем, что член *nП* выразится в данном случае величиной $\frac{1000 \cdot 100}{70}$ м³, или кругло 1400 м³.

Зависимость величины промывной нормы и коэффициента *n* от амплитуды колебания уровня грунтовых вод иллюстрируется следующей таблицей (Туркмения, уровни грунтовых вод от 1,5 до 4,0 м).

Амплитуда колебаний уровня грунтовых вод в сантиметрах	Промывная норма в кубических метрах	Коэффициент <i>n</i>		
		Механический состав почвы		
		легкий	средний	тяжелый
50	2 000	0,63—0,52	0,54—0,43	0,47—0,28
70	2 200	0,74—0,63	0,62—0,52	0,53—0,34
90	2 500	0,90—0,79	0,75—0,67	0,63—0,46
110	2 800	1,05—0,95	0,87—0,81	0,73—0,57
130	3 000	1,16—1,05	0,96—0,90	0,80—0,64
150	3 300	1,32—1,21	1,08—1,05	0,90—0,75
170	3 600	1,47—1,37	1,21—1,19	1,00—0,86

Таблица показывает, что коэффициент n уменьшается от почв легких к тяжелым; следовательно, в том же направлении уменьшается и промывной эффект каждой данной нормы.

В некоторых частных случаях сильно засоленных почв, занимающих небольшие площади, промывная норма может быть несколько увеличена, но с таким расчетом, чтобы поднятый уровень грунтовых вод не задерживал весенних полевых работ и сева.

По наблюдениям в Туркменской ССР, этот максимально допустимый подъем грунтовых вод выражается следующими величинами от поверхности земли:

1) для почв легкого механического состава	130 см
2) » » среднего » »	160 »
3) » » тяжелого » »	180 »

Промывные нормы, рассчитанные указанными методами, в ряде случаев сильно засоленных почв, рассолоняют только часть корнеобитаемой зоны и потому должны быть повторяемы в течение ряда лет.

Для повышения эффективности каждой данной промывной нормы, ее следует выливать на поле не сразу, а частями: первая порция должна соответствовать величине $P-t$, а остальная норма выливается порциями по 800—1 000 м³ с интервалами в 3—5 дней.

После промывки поле должно быть, по возможности, немедленно разрыхлено и в таком виде должно поддерживаться все время, как до посева, так и в течение вегетационного периода.

Кроме первоначального эффекта рассолонения почвы, столь же важной задачей при промывке является обеспечение устойчивости полученного эффекта во времени. Эта устойчивость достигается тогда, когда после промывки горизонт грунтовых вод будет быстро опущен ниже критического его уровня.

Критическим уровнем грунтовых вод называют такую наименьшую от поверхности земли глубину залегания грунтовых вод, с которой капиллярные токи уже не достигают поверхности почвы и, следовательно, не могут производить ее засоление. В засушливых областях и для обычных суглинистых, лёссовидных пород критическим уровнем считают глубину в 2,5—5 м. При глубинах стояния грунтовых вод меньше 2,5 м процессы засоления обычно идут весьма интенсивно, и возникает необходимость в принятии специальных мер для борьбы с ними (см. «вторичное засоление», стр. 337). Величина критической глубины грунтовых вод в высокой степени динамична и зависит как от конкретных изменчивых природных климатических и почвенных показателей, так и от агротехники, с помощью которой может быть изменен климат приземного слоя воздуха (микроклимат) и капиллярные свойства почв (структурообразование).

С этой точки зрения применяющиеся формы дренирования засоленных земель могут быть оценены следующим образом. Широко применяющийся в практике и многократно исследованный опытным путем горизонтальный открытый и закрытый дренаж мелкого (около 1 м) заложения и часто (20—50 м) расположения позволяет осуществить достаточно успешно первоначальные промывки, но устойчивость полученного эффекта обычно мала, так как уровень грунтовых вод и после дренирования остается выше критического. Поэтому в этих условиях приходится часто применять повторные промывки.

Форма горизонтального дренирования более глубокого заложения (3—4 м) и более редкого расположения (100—500 м) приобрела особенно широкое распространение в США и испытана у нас в Средней Азии и

Закавказье. Доказано, что на фоне этого дренажа можно осуществить вполне удовлетворительные промывки, но для обеспечения равномерности рассолонения широких пространств между дренами промывные нормы и порядок промывок должны быть дифференцированными для середины этих пространств и их окраин. Устойчивость промывок во времени здесь выше, чем в первом случае, так как уровень грунтовых вод может быть понижен на глубину, близкую к критической, тем не менее реставрация засоления и здесь не исключена, если на промытых полях осуществляется недостаточно высокая агротехника.

Опытные исследования этой формы дренажа в Закавказье, на Джафарханской опытной станции, и в Средней Азии, в Золотой Орде (Голодная степь) и на станции Федченко в Фергане, дали чрезвычайно быстрый и высокий с.-х. эффект.

Наибольшее понижение уровня грунтовых вод, и притом регулируемое в соответствии с потребностью, может быть достигнуто с помощью вертикального дренажа так называемыми калифорнийскими колодцами с откачкой из них грунтовых вод насосами (см. главу XV, стр. 318). Эта форма дренирования является в последнем десятилетии очень распространенной в США и оказалась наиболее эффективной даже в самых тяжелых случаях засоления, когда горизонтальный дренаж не справляется с поставленными задачами.

Вторичное засоление почв при орошении и мероприятия по предупреждению и борьбе с ним. Вторичным засолением называют такое засоление, которое возникает в почве в результате неправильного орошения ее. Оно наблюдается в ряде случаев и на почвах, до мелиорации не засоленных.

Вторичное засоление распространено весьма широко и в частности в нашей хлопковой зоне Средней Азии и Закавказья.

Площади засоления в ирригационных районах Средней Азии и Закавказья встречаются:

- 1) в области предгорных, наклонных, лёссовых (пролювиально-делювиальных) равнин;
- 2) в области древне-аллювиальных и современных террас верхних и средних течений рек;
- 3) в области древних и современных дельтовых отложений.

Область предгорных равнин характеризуется значительными уклонами и глубокими грунтовыми водами, залегающими в галечниках и обладающими хорошим оттоком. В этих условиях залегающие здесь сероземы и каштановые почвы обычно не засолены и, как правило, не засоляются после орошения. Исключения представляют коневые шлейфы этих склонов, на которых засоление широко развито.

Область высоких речных террас обычно дренирована также удовлетворительно, и потому засоление развивается здесь относительно редко. Встречаются площади солонцовых почв. Области современных пойм, периодически затопляемых, часто характеризуются близкими минерализованными грунтовыми водами, и потому засоленные почвы здесь обычно широко развиты.

Дельтовые области (Аму-Дарья, Сыр-Дарья, Куры и Аракса и др.), как правило, характеризуются ничтожными уклонами (иногда обратными), тяжелым механическим составом и практически бессточными минерализованными грунтовыми водами. Здесь наиболее широко распространены первично-засоленные почвы и наиболее резко выражена угроза вторичного засоления. Поэтому в этих областях нужно обращать особое внимание на проведение мероприятий по предупреждению

дению вторичного засоления (наиболее совершенные методы агротехники и орошения).

В борьбе с засолением орошаемых земель надо прежде всего сосредоточить внимание на предупреждении засоления.

Причины, вызывающие вторичное засоление при орошении, заключаются:

- 1) в подъеме уровня грунтовых вод выше критического;
- 2) в переносе солей в верхние горизонты почвы из нижних слоев при их увлажнении оросительной водой;
- 3) в обогащении почвы солями при употреблении засоленной оросительной воды.

В обычной ирригационной практике важнейшей причиной вторичного засоления является подъем уровня грунтовых вод и бесструктурность почв.

Подъем уровня грунтовых вод происходит:

- 1) за счет подпоров грунтового потока и потерь на фильтрацию водохранилищ;
- 2) за счет потерь воды на фильтрацию в оросительной сети;
- 3) за счет потерь на фильтрацию на орошаемых полях (если применяют неправильные поливные нормы и несовершенную технику полива).

Мероприятия по предупреждению вторичного засоления должны преследовать решение двух следующих задач:

- 1) нужно так изменить характер капиллярных токов в почве, чтобы они не достигали корневой зоны даже в случаях, когда соли или грунтовая вода внизу есть;
- 2) нужно поддерживать уровень грунтовых вод или глубину залегания солей на таких глубинах, чтобы с этих глубин капиллярные токи не могли достигнуть корнеобитаемой зоны почвы.

Основным мероприятием для изменения характера капиллярных токов в почве является создание структуры почвы путем применения правильной севооборотов, с посевами многолетних трав и с высокой агротехникой на каждом поле. Поэтому введение на орошаемых землях травопольной системы земледелия (по акад. В. Р. Вильямсу) и, в частности, травопольных севооборотов является одним из основных мероприятий по предупреждению засоления.

Роль правильного севооборота в борьбе с засолением заключается в мелнирирующем действии травяного клина.

Во-первых, трава закрывает сплошь поле от ветра и нагревания. Это уменьшает испарение воды с поверхности почвы и задерживает капиллярную передачу солевых растворов снизу вверх.

Во-вторых, трава создает структуру почвы, а в структурной почве капиллярные токи в очень сильной степени замедляются.

Наконец, в-третьих, под травой, при правильном поливном режиме, соли не только не поднимаются вверх, но даже опускаются (дренирующее действие корневых ходов, идущих на большую глубину).

Положительная роль трав осуществляется тем полнее и лучше, чем большее число и более полноценных укосов она дает.

Поэтому для люцерны на полях, страдающих от засоления, должна быть обеспечена самая высокая агротехника, гарантирующая наивысший урожай.

Для того чтобы обеспечить хорошее состояние люцерны с первых же моментов ее развития, посев нужно производить в незасоленный, промытый верхний слой почвы, так как люцерна в молодом возрасте

весьма чувствительна к солям и на соленом поле или сразу изреживается или совсем гибнет.

Только тогда, когда люцерна хорошо укоренится и окрепнет, она становится более солевыносливой и при дальнейшем правильном уходе полностью оказывает свое мелиорирующее действие.

Мелиорирующее действие люцерны не ограничивается только периодом стояния ее на поле, но и после ее распашки продолжается еще 4—5 лет.

Это последствие определяется сохранением структуры почвы, повышением урожая других культур севооборота после люцерны, дренирующим действием корневых ходов люцерны.

Лучшее развитие любой культуры является положительным фактором в борьбе с засолением ввиду улучшения микроклимата приземного слоя воздуха аналогично тому, что имеет место и под люцерной.

Таким образом, борьба за повышение урожая всякими агротехническими средствами является вместе с тем и борьбой с процессами засоления.

Одним из главных агротехнических приемов вегетационного периода, направленных одновременно на улучшение условий роста растений и на борьбу с поднятием солей, является постоянное поддержание поверхности поля в рыхлом состоянии.

Этот рыхлый поверхностный слой изолирует нижние слои почвы от потери воды на испарение, уменьшает капиллярный подток к ним солей и, следовательно, уменьшает или приостанавливает процессы засоления.

Поэтому на всех пропашных культурах высококачественное рыхление должно быть обеспечено в кратчайший срок после полива.

Во всех случаях, когда межполивной период оказывается больше 15—20 дней, полезно дать не одно, а два рыхления.

Во многих районах Средней Азии и Закавказья в севообороте участвуют зерновые. Обычно поле из-под зерновых остается без дальнейшего ухода, что ведет к резкому увеличению засоления.

Поэтому все поля после уборки зерновых (а еще лучше одновременно с их уборкой) необходимо, по возможности, немедленно хорошо разрыхлить при помощи пожнивного лущения по системе В. Р. Вильяма.

Весь перечисленный выше комплекс агротехнических мероприятий, осуществляемый на полях севооборота, существенным образом изменяет характер капиллярных явлений в толще почвы и, будучи применяем систематически, в значительной мере, а местами и полностью, приостанавливает рост процессов засоления.

Вторым мероприятием по борьбе с засолением является недопущение подъема уровня грунтовых вод до высоты, угрожающей засолением земель, и снижение грунтовых вод, стоящих выше этого уровня.

Очень часто в орошаемых районах высокий уровень грунтовых вод оказывается явлением не природным, а искусственным, вызванным неправильным, расточительным пользованием оросительной водой.

На большинстве оросительных систем на поля поступает всего половина, а то и меньше, того количества воды, которое забирается в голове системы.

Остальная вода теряется на фильтрацию в сети.

Из воды, поступившей на поле, также не вся она используется растением. При излишних нормах и неправильной технике полива часть ее просачивается вглубь,

Таким образом, суммарно, в контуре орошаемой площади, ежегодно теряется на каждый гектар до 50% забранной воды.

Весь этот громадный объем воды, теряемой на фильтрацию, поступает в грунтовые воды и поднимает их уровень.

В общем потери воды тем больше, чем больше ее поступает в систему. Поэтому первой задачей в борьбе за понижение уровня грунтовых вод является строгая регламентация величины забора воды в систему в соответствии с планом водопользования. Например, ориентировочно величина вододачи в систему в гололе в хлопковых районах не должна превышать 10—12 тыс. м³/га.

Второй этап борьбы за понижение грунтовых вод — борьба с потерями воды на фильтрацию на полях и в каналах.

Борьба с потерями воды на фильтрацию на поле сводится к тому, чтобы норма каждого полива не превышала дефицита предельной влагоемкости (т. е. разницы между предельной влагоемкостью и оставшимся в почве запасом влажности перед поливом $P-m$).

Этот дефицит менается в общем от 500 м³ в первые стадии развития растений до 1 000 м³ в период наибольшего роста и редко больше.

Следовательно, к указанному ограничению поливных норм, установленным изложенным выше методом, и нужно стремиться.

Практика стахановцев обычно совпадает с этим правилом: они применяют небольшие поливные нормы, но дают их чаще.

При этом полив надо производить по бороздам, без сброса, отказавшись от несовершенной техники полива—затопления.

На почвах, страдающих от засоления, часто опасаются применять бороздные поливы, как могущие усилить засоление. В этом вопросе нужно различать следующие стороны:

во-первых, на сильно засоленных почвах (солончаках) получение нормальных урожаев без предварительного удаления солей невозможно при любом способе полива;

во-вторых, на средне и слабо засоленных почвах вредное повышение концентрации солей от борозд в течение одного вегетационного периода наблюдается редко.

Поскольку, однако, суммарное засоление корнеобитаемой зоны в этом случае действительно усиливается, то оказывается совершенно необходимым на этих почвах сочетать бороздные поливы с рациональными зимними промывками для того, чтобы не допустить прогрессивного нарастания засоления из года в год.

Так как экономные бороздные поливы не дают фильтрации в грунтовые воды, то это создает условия для понижения уровня грунтовых вод, и, следовательно, условия лучшей эффективности зимних промывок.

Наибольшие потери на фильтрацию, как указывалось выше, происходят в оросительной сети; поэтому на борьбу с ними должны быть направлены самые серьезные усилия.

Основные мероприятия по устранению потерь на фильтрацию заключаются в следующем.

1) Техническое состояние каналов должно полностью исключать прорывы и разливы воды.

2) Как межколхозная, так и внутриколхозная сеть, в связи с укрупнением карт обработки, не должна содержать лишних каналов.

3) Хозяйство нужно организовать так, чтобы в каждый момент времени в колхозе работало минимальное количество каналов. Это может быть достигнуто соответствующим проведением водопользования, позволяющим сократить излишние пробеги воды.

4) Каналы не должны зарастать; это уменьшает потери на фильтрацию на 10—30%.

5) При переустройстве сети каналы следует строить таким образом, чтобы мертвые объемы воды в них были минимальными, а концевые каналы полностью освобождались на поля в счет поливной нормы.

6) Так называемая работа «на горизонтах», т. е. прогон по каналам высоких горизонтов воды вместо постановки подпорных сооружений, не должна иметь места.

7) Детальный план водопользования и водораспределения, в соответствии с потребностями полей, должен составляться и строго проводиться не только в вегетационный период, но также и в осенне-зимний. Это обстоятельство заслуживает серьезного внимания, так как в это время в систему часто поступают большие избытки воды, которые и поддерживают грунтовые воды на высоком уровне.

8) Оросительная сеть должна быть оборудована водомерами.

9) Сеть должна быть достаточно армирована, чтобы облегчить маневрирование и, следовательно, уменьшить бесполезные прогоны воды и потери ее на фильтрацию.

10) В качестве прямого способа борьбы с потерями на фильтрацию важно применение на всех постоянных каналах антифильтрационных одежд, которые обязательны на всех участках сети, особо сильно фильтрующих.

В качестве простейших антифильтрационных мероприятий применяются: кольматирование, обмазка глиной, нефтевание. Сюда же относится и разработанный советской наукой метод искусственного солонцевания каналов и водохранилищ (см. стр. 307—310).

Кроме оросительной сети, особое внимание должно быть уделено содержанию в порядке и правильной эксплуатации сбросной коллекторной, заурной * сбросной дренажной сети.

Вся эта сеть должна быть в таком порядке, чтобы застои воды в ней были полностью исключены. Эта сеть имеет своим назначением отводить, главным образом, грунтовую воду; чем глубже эта сеть, тем лучше она понижает уровень грунтовых вод.

Во всех случаях близких безоточных грунтовых вод хорошая заурная или дренажная сеть обеспечивает возможность коренного улучшения земельного фонда и, следовательно, получения любого высокого урожая.

Кроме работ в течение вегетационного периода, борьба с засолением продолжается в осенне-зимний период, когда производится планировка полей и промывка.

Вторичное засоление почв при осушительных мелиорациях. Вторичное засоление при осушении часто встречается при обваловании пойм степных рек (например, Кубань, Дон, Терек, Волга) и при осушении мелкими открытыми канавами таких болот, которые содержат в своих глубоких горизонтах соли, т. е. являются солончакватыми (например, Бараба — Западная Сибирь).

Засоление при обваловании пойм может иметь место только тогда, когда в глубоких горизонтах почвы или в грунтовой воде имеются запасы солей и грунтовые воды после обвалования остаются на высоком уровне.

Отрицательная роль обвалования в данном случае заключается в том, что оно устраняет воздействие на обвалованную территорию паводковых вод, которые частично смывают и вымывают в толщу грунта соли.

* Заур — открытый водосборный дренажный канал.

Поверхность обвалованной территории, оставаясь все лето открытой, теряет значительное количество воды на испарение и при близких засоленных грунтовых водах легко засоляется.

По существу то же самое происходит при поверхностной осушке солончаковатых болот, когда уровень грунтовых вод не регулируется в достаточной степени.

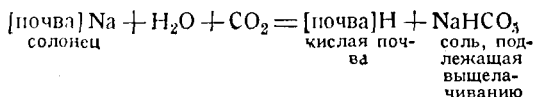
Для борьбы с засолением в описанных условиях необходимо применение всего комплекса агротехнических мероприятий, препятствующих капиллярному поднятию солей, а в случае их недостаточности — искусственное понижение уровня грунтовых вод ниже критического для данных условий.

§ 104. Мелиорация солонцов

Мелиорация солонцовых почв складывается из двух фаз: первая — вытеснение поглощенного натрия из коллоидного комплекса почвы и вторая — выщелачивание (промывка) образовавшейся в результате вытеснения натровой соли.

Вытеснение поглощенного натрия может осуществляться под воздействием как воды и угольной кислоты, так и растворов солей или кислот.

Вытеснение натрия водой и угольной кислотой осуществляется по следующей схеме:

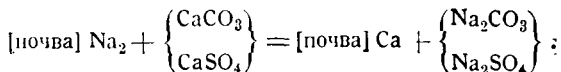


В практике эта реакция, т. е. промывка солонца водой, не может быть использована для мелиорации по следующим основаниям: во-первых, реакция эта протекает очень медленно, для ее осуществления потребуются многие годы промывок и многие десятки тысяч кубометров воды; во-вторых, в результате реакции получается кислая почва (солонь), также мало пригодная для с.-х. использования и требующая химической мелиорации.

В природной обстановке, в процессе естественной эволюции солонцовых почв, реакция по указанной схеме осуществляется и в ряде случаев приводит к формированию солодей; но этот процесс является не обязательным, так как в нем участвует еще и биологический фактор в форме дикой растительности. Дикая растительность появляется на солонце в первые же стадии его деградации, корневая система ее аккумулирует минеральные элементы, которые при гумификации органической массы освобождаются в виде простых солей; в силу этого на солонец начинает действовать уже не вода, а солевой раствор, в этом случае солонь не образуется, а солонец может эволюционировать в направлении степного типа почвообразования.

Для практической мелиорации солонцов применяют кальциевые соли, так как в результате обмена здесь получается почва степного типа почвообразования. Кальциевая соль может быть применена любая, например, CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и др. Но обычно выбирают наиболее дешевые и доступные — гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и молотый известняк CaCO_3 .

Схема реакции с этими солями следующая:



Неудобства применения молотого известняка (углекислого кальция) заключаются в его малой растворимости, следовательно, в медленности реакции и очень большом количестве промывной воды, которое требуется для завершения мелиорации. Эта реакция имеет существенное практическое значение, в особенности на карбонатных солонцах. Здесь, располагая достаточным количеством воды и надлежащим водоотводом, можно избежать необходимости искусственного внесения в почву кальциевой соли. Там, где соль нужно вносить, целесообразнее пользоваться гипсом, как солью более растворимой и, следовательно, более быстро замещающей натрий.

Кроме того, нужно иметь в виду, что в случаях химизации слабо солонцеватых почв, когда промывка может быть необязательной, преимущество гипсования будет выражено еще в том, что здесь продукт обмена (сернокислый натрий) менее вреден, чем продукт, получающийся при известковании (сода).

Потребная для химизации солонца доза кальциевой соли зависит от количества поглощенного натрия. На основании опытных данных можно считать, что для удовлетворительной мелиорации обычно достаточно внести в почву количество кальция, эквивалентное количеству поглощенного натрия. Пример расчета потребного количества гипса приводится в нижеследующей таблице:

Расчет потребного при мелиорации количества гипса

Горизонты почвы (в сантиметрах)	Поглощенного натрия (в миллиэквивалентах на 100 г почвы)	Вес расчетного слоя почвы на гектар при объектном весе 1,5 т в 1 м ³	Количество натрия, подлежащее вытеснению (в тоннах)	Эквивалентное натрию количество гипса
0—10	2,00	$10\ 000 \times 0,4 \times 1,5 = 6\ 000$	$6\ 000 \times 0,069$ $\frac{100}{100}$ $= 4,14$ т	$4,14 \times 172$ -23×2 $= 15,48$ т
10—20	1,00			
20—30	4,00			
30—40	5,00			
Среднее 3,0 = 0,069% от веса почвы				

В ряде случаев в качестве мелиорирующего материала могут быть использованы карбонатные и гипсоносные горизонты самой солонцевой почвы, залегающие в ней часто на глубине 30—50 см от поверхности. В этом случае производится или глубокая вспашка или плантаж.

На карбонатных солонцах для активизации извести возможно применение раствора кислоты, например, серной (так называемое кислдование почв). В результате растворения извести получится гипс, который и будет мелиорировать солонец. Прием технически не испытан.

Весьма эффективным приемом в полевых опытах на карбонатных почвах является внесение серы. Сера в почве окисляется серобактериями в серный ангидрид, который с водой дает серную кислоту; последняя с известью дает гипс, мелиорирующий солонец. По американским опытам, эффект серы проявляется примерно на год позже, чем эффект гипса (период биологического окисления), но конечный результат получается даже лучшим, чем при гипсовании. Кроме того, мелиорация серой обходится дешевле.

С солонцовым процессом в мелиоративной практике встречаются: 1) при промывке натровых солончаков, 2) при орошении водой, засоленной натровыми солями, и 3) при орошении природных солонцовых почв.

При промывке натровых солончаков глин целесообразнее вносить перед основной промывкой, так как в этом случае солонцовый процесс предупреждается и промывка протекает без затруднений. При мелиорации природных солонцов, обладающих резко выраженным иллювиальным уплотненным горизонтом, последний и после гипсования и промывки может еще сохранить свои неблагоприятные водно-физические свойства. В этих случаях необходимо применить к нему механическое рыхление и биологическое воздействие многолетних трав в целях создания структуры.

ГЛАВА XVII

ОРОШЕНИЕ И ОБВОДНЕНИЕ ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩ МЕСТНОГО СТОКА

§ 105. Общие сведения

Устраиваемые в понижениях рельефа — балках, ложбинах, оврагах, на реках и речках — водохранилища местного стока имеют своим назначением регулирование стока, сводящееся к задержанию стекающей с водосборных площадей воды, и использование ее для целей орошения, водоснабжения и т. п. в сухие периоды года.

Проектирование мероприятий по регулированию стока состоит из:

- а) водохозяйственных расчетов;
- б) проектирования сооружений, связанных с устройством и эксплуатацией водохранилища (плотины, водосборные и сбросные сооружения, водозаборные сооружения и др.).

Сведения, необходимые для проектирования сооружений (п. «б»), будут изложены в томе IV справочника. В настоящем разделе рассматриваются вопросы, связанные главным образом с проектированием водохранилищ; они сводятся к следующему:

- А. Выбор места для водохранилища.
- Б. Изучение гидрологического режима регулируемого водотока.
- В. Водохозяйственные расчеты.
- Г. Потери воды из водохранилищ.
- Д. Определение мертвого объема водохранилищ.

§ 106. Выбор места для устройства водохранилища

При выборе места под водохранилище необходимо руководствоваться следующими основными положениями.

1. Водосборная площадь, отнесенная к створу плотины, должна быть возможно максимальной в тех случаях, когда пригодные и доступные для орошения земельные площади лимитируются водным фактором.

2. Если водохранилище проектируется для целей орошения, то площадь орошения располагается на минимальном расстоянии от водохранилища и не в зоне подпора грунтовых вод, создаваемого водохранилищем. Подвод воды из водохранилища на поля орошения должен быть или самотечным или с возможно минимальной высотой качания насосной установкой.

3. При проектировании водохранилища для целей обводнения учитываются все санитарно-технические условия, связанные с охраной водоема от загрязнения; водопользование должно в максимальной степени отвечать бытовым и производственным требованиям.

4. Водохранилище должно обладать наибольшей емкостью при минимальных длине и объеме работ, связанных с устройством плотины, и минимальной площадью зеркала воды. - Это обуславливает наименьшую стоимость устройства водохранилища (стоимость плотины, затопление площадей и селений и т. п.) и дает наилучшие условия как для сбережения воды (минимальные потери на испарение и фильтрацию), так и в санитарном отношении (вода меньше нагревается и меньше портится от загнивания и повышения содержания растворимых солей).

4. Место для водохранилища выбирается так, чтобы потери воды на фильтрацию как под плотиной и в обход последней, так и в грунт ложа водохранилища были минимальными.

6. Грунты под створом плотины должны отвечать строительным требованиям плотностроения при минимальной стоимости работ под основание сооружения, а берега ложа водохранилища не должны подвергаться оползням при наполнении водохранилища.

7. Для устройства водосброса должно быть удобное место.

8. В районе проектируемых сооружений обязательно наличие доброкачественных строительных материалов (земляные, каменные, гравелистые и песчаные карьеры).

§ 107. Годовой сток и его изменчивость в многолетнем разрезе

При проектировании водохранилища исходным расчетным элементом является средняя норма годового стока. Вероятные колебания нормы стока, вне зависимости от хронологической его последовательности в многолетнем ряду, могут быть установлены с помощью кривых распределения или кривых обеспеченности. Эти кривые дают возможность выразить при помощи плавной кривой все многообразие распределения годового стока и таким образом установить путем экстраполяции вероятные величины годового стока любой обеспеченности, в том числе и крайние.

Для определения ординат кривой распределения необходимо знать два коэффициента: а) коэффициент вариации, или относительное среднее квадратичное отклонение годовых модулей стока от среднего многолетнего (норма стока), и б) коэффициент асимметрии, характеризующий несимметричность распределения годового стока, или отклонение медианных членов (и модальных) от арифметической средней.

Коэффициент вариации (C_v) может быть подсчитан по формуле:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum(k-1)^2}{n-1}}$$

где k — модульный коэффициент, т. е. отношение модуля стока за данный год к среднему модулю стока,
 n — число лет наблюдений.

Для рек, имеющих очень малый цикл наблюдений, коэффициент вариации может быть подсчитан по эмпирической формуле инж. Д. А. Соколовского:

$$C_v = a - 0,063 \lg(\omega + 1),$$

где k — модульный коэффициент;

n — число лет наблюдений;

C_v — коэффициент вариации.

При наличии данных за 10—15 лет верхний предел C_s вычисляется по формуле:

$$C_s = \frac{2 C_v}{1 - k_{\min}}$$

Фостер предложил приравнять:

$$C_s = 2C_v.$$

При более значительных коэффициентах асимметрии кривые меняются незначительно и главным образом меняются только на своих концах.

Предложение Фостера является наиболее осторожным в отношении маловодных лет*.

Коэффициент вариации и коэффициент асимметрии полностью определяют собою вид кривой продолжительности или обеспеченности.

В нижеследующей таблице приводятся отклонения ординат кривых продолжительности от середины в зависимости от значения C_s при $C_v = 1,0$.

Вертикальные столбцы этой таблицы соответствуют различным точкам оси абсцисс кривой обеспеченности, т. е. различной величине процента обеспеченности, начиная от 0,1 до 99,9%. Горизонтальные строки соответствуют различным значениям коэффициента асимметрии C_s .

Отклонения ординат кривых продолжительности от середины $k=1$ в зависимости от значения C_s при $C_v=1,0$ (по Фостеру)

Коэффициент асимметрии	Процентное значение обеспеченности									
	0,1	1,0	3,0	5	10	20	25	30	40	50
0,0	+3,09	+2,33	+1,87	+1,64	+1,28	+0,84	+0,68	+0,52	+0,25	-0,00
0,2	3,38	2,48	1,93	1,69	1,30	0,83	0,67	0,51	0,22	0,03
0,4	3,67	2,62	2,00	1,74	1,32	0,82	0,65	0,48	0,19	0,06
0,6	3,96	2,77	2,06	1,79	1,33	0,80	0,62	0,45	0,15	0,09
0,8	4,25	2,90	2,12	1,83	1,34	0,78	0,60	0,42	0,12	0,13
1,0	4,54	3,03	2,19	1,87	1,34	0,76	0,57	0,38	0,08	0,16
1,2	4,82	3,15	2,25	1,90	1,35	0,74	0,54	0,35	0,05	0,19
1,4	5,11	3,28	2,31	1,93	1,34	0,71	0,51	0,32	+0,02	0,22
1,6	5,39	3,40	2,36	1,96	1,33	0,68	0,48	0,28	-0,01	0,25
1,8	5,66	3,50	2,41	1,98	1,32	0,64	0,44	0,24	0,05	0,28
2,0	5,91	3,60	2,46	2,00	1,30	0,61	0,41	0,20	0,08	0,30
2,2	6,20	3,70	2,48	2,01	1,28	0,58	0,37	0,17	0,11	0,33
2,4	6,47	3,78	2,49	2,01	1,25	0,54	0,33	0,13	0,14	0,35
2,6	6,73	3,87	2,50	2,01	1,23	0,51	0,31	0,10	0,17	0,37
2,8	6,99	3,95	2,51	2,02	1,20	0,47	0,26	0,06	0,20	0,38
3,0	+7,25	+4,02	+2,52	+2,02	+1,18	+0,42	+0,25	+0,03	-0,23	-0,40

* В работах Нижне-Волгопроекта коэффициенты асимметрии по данным гидрологического сектора принимаются по районам. Районные значения C_s следующие:

$C_s = 0,5 C_v$ — южный район (к югу от течения р. Б. Иргиз, включая последнее);

$C_s = C_v$ — междуречье Самарка — Б. Иргиз (включая левобережные притоки р. Самарки);

$C_s = 1,5 C_v$ — северный район, междуречье Самарка — Б. Кинеля (включая течение р. Самарки и Б. Кинеля).

Коэффициент асимметрии	Процентное значение обеспеченности								
	60	70	75	80	90	95	97	99,0	99,9
0,0	-0,25	-0,52	-0,68	-0,84	-1,28	-1,64	-1,88	-2,32	-3,09
0,2	0,28	0,55	0,70	0,85	1,25	1,58	1,79	2,18	2,81
0,4	0,31	0,57	0,71	0,85	1,22	1,51	1,69	2,03	2,54
0,6	0,34	0,58	0,72	0,86	1,19	1,45	1,59	1,88	2,28
0,8	0,37	0,60	0,73	0,86	1,16	1,38	1,49	1,74	2,03
1,0	0,40	0,61	0,73	0,86	1,12	1,31	1,39	1,59	1,80
1,2	0,42	0,62	0,73	0,85	1,08	1,25	1,30	1,45	1,59
1,4	0,44	0,63	0,73	0,84	1,05	1,18	1,21	1,32	1,40
1,6	0,46	0,64	0,73	0,82	1,00	1,11	1,13	1,19	1,24
1,8	0,48	0,64	0,72	0,80	0,95	1,03	1,06	1,08	1,11
2,0	0,49	0,64	0,71	0,78	0,90	0,95	0,98	0,99	1,00
2,2	0,49	0,63	0,69	0,75	0,85	0,90	0,90	0,90	0,91
2,4	0,50	0,62	0,66	0,71	0,79	0,82	0,82	0,83	0,83
2,6	0,50	0,60	0,64	0,68	0,74	0,76	0,76	0,77	0,77
2,8	0,50	0,59	0,62	0,65	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71
3,0	-0,50	-0,57	-0,60	-0,62	-0,65	-0,66	-0,66	-0,67	-0,67

Табличные числа дают отношение величины $k=1$ к величине C_v при $C_v=1$.

Обозначая любое табличное число через Φ , получим:

$$\Phi = \frac{k-1}{C_v}$$

Отсюда модульный коэффициент:

$$k = 1 + \Phi \cdot C_v$$

Например: вычислено $C_v = 0,49$ и $C_s = 0,49$.

По таблицам Фостера посредством интерполяции находим значение табличного числа, соответствующего значению $C_s = 0,49$ и $C_v = 1$; $\Phi = 0,855$. Так как отклонение кривой обеспеченности от середины пропорционально C_v , то для значения $C_v = 0,49$ табличное число надо умножить на 0,49.

$$k - 1 = 0,865 \cdot 0,49$$

$$k = 1 + 0,865 \cdot 0,49 = 0,58.$$

§ 108. Сезонность стока

При регулировании стока выявление сезонного колебания стока имеет весьма большое значение, но индивидуальное различие бассейнов проявляется настолько сильно, что об установлении каких-либо общих норм говорить не приходится. Ограничимся поэтому указанием сезонных колебаний стока в условиях Заволжья, отмечая, что этот вопрос должен со всей серьезностью прорабатываться в каждом отдельном случае, с учетом особенностей каждой отдельно взятой водосборной площади того или иного района.

Годовой ход стока в Заволжье характеризуется одним резко выраженным весенним максимумом, время наступления которого зависит от географического положения и величины бассейна. На юге, в районе Прикаспийской низменности максимум стока нормально имеет место в конце марта, в сыртовой части (Общий Сырт, являющийся водораздельной

возвышенностью между бассейнами р. Волги, Камыш-Самарских озер, Дюра-Чижинских разливов и системы р. Урал) и на притоках реки Самарки — в середине апреля, а на самой реке Самарке — несколько позже, в конце второй декады апреля.

В южном Заволжье весенний сток в сущности является и годовым. В остальное же время года поверхностный сток отсутствует, и только в случае влажного лета или осенью, когда почвы не обладают высокой поглощательной способностью, здесь наблюдается, правда, очень незначительный, дождевой и ливневой сток. Грунтовый сток, если и имеет место, то оказывается настолько слабым, что летом целиком поглощается испарением, а зимой идет на льдообразование. Только в нижнем течении р. Еруслан и Б. Карман и в верховьях некоторых речек, стекающих с западного склона Общего Сырта, как-то Алтара и пр., наблюдается постоянный сток, но, судя по имеющимся данным, он настолько мал, что составляет ничтожную долю от среднего годового стока, обусловленного почти целиком весенним стоком. Поэтому в условиях южного Заволжья, годовой сток является почти исключительно сезонным весенним стоком, продолжительность которого колеблется от 15 дней в бассейнах порядка 500—1 000 км² и до 1 месяца в бассейнах 4 000—8 000 км².

В северном же Заволжье, где климатические и гидрологические условия несколько иные, сток наблюдается в течение круглого года.

Распределение годового стока по сезонам для отдельных физико-географических районов в зависимости от площади водосбора, представляется в следующей таблице.

Распределение годового стока по сезонам в различных районах Заволжья

Районы и водосборные площади	Характеристика отдельных лет	Сток в процентах от годового				
		Осень	Зима	Весна		Лето
		X—XI	XII—III	IV	V	VI—IX
Реки Самарка и Б. Кинель при площадях водосборов более 10 000 км ²	Многоводный	3	5	67	20	5
	Средний	5	8	61	18	8
	Маловодный	8	13	50	15	14
Реки Самарка и Б. Кинель и их притоки, исключая левобережные притоки р. Самарки при площадях водосборов менее 10 000 км ²	Многоводный	3	4	77	13	3
	Средний	4	7	72	13	4
	Маловодный	7	12	63	11	7
Левобережные притоки р. Самарки при площадях водосборов более 2 000 км ²	Многоводный	1	2	91	4	2
	Средний	2	3	87	6	2
	Маловодный	4	6	78	9	3
Левобережные притоки р. Самарки при площадях водосборов менее 2 000 км ² , верховья Чапаевки, Б. Иргиз	Многоводный	0,5	0,5	96	2	1
	Средний	1	2	93	3	1
	Маловодный	2	4	88	4	2
Левобережные притоки р. Б. Иргиза, р. р. М. и Б. Узень, Еруслан, Караман и их притоки	—	—	—	100	—	—

§ 109. Максимальный расход

Величина максимального расхода водотока имеет решающее значение при определении размеров водосливов при плотинах.

Одной из наиболее частых причин разрушения земляных плотин является недостаточная пропускная способность водосливов.

С другой стороны, сооружения, построенные с большими запасами; при преувеличенных расходах, становятся очень дорогими, и при их осуществлении совершенно непроизводительно повышаются затраты сил и средств.

Величина максимального паводкового расхода может быть установлена путем:

а) изучения величины и повторяемости прежних паводков, если для реки имеются длительные наблюдения;

б) применения эмпирических формул;

в) изучения оставшихся меток и сведений о размерах паводков; проходивших по реке за то время, когда наблюдение не производилось.

а) Изучение повторяемости паводков. Повторяемость паводков за длительный период времени является наилучшим показателем вероятностей будущих паводков; при этом задача может быть решена также применением кривых распределений Пирсона*, подобно тому, как это делается при построении кривой распределения годового стока. В этом случае все рассуждения должны быть связаны только с максимальными паводковыми расходами и величина коэффициента асимметрии для запаса может быть вычислена по формуле:

$$C_{s1} = \frac{2C_v}{1 - \frac{Q_{\min}}{Q_{\text{средн}}}}$$

где C_v — коэффициент вариации максимальных расходов, вычисленный по данным наблюдений;

Q_{\min} — минимальный наблюденный расход в кубических метрах в секунду;

$Q_{\text{средн}}$ — среднее значение максимальных наблюденных расходов в кубических метрах в секунду.

По вычисленным параметрам определяются ординаты кривой обеспеченности, соответствующие различным значениям обеспеченности.

б) Применение эмпирических формул. Приводим формулы, наиболее часто применяемые в СССР в настоящее время. К таким формулам относятся:

1. *Формула Кочерина*, связывающая значение максимального модуля стока вод с площадью водосбора, имеющая общий вид:

$$q_{\max} = \frac{a}{\omega^n} - b,$$

где q_{\max} — максимальный модуль в кубических метрах в секунду с 1 км²;
 a — площадь бассейна в квадратных километрах;

a, b, n — параметры, постоянные для данного района и изменяющиеся по районам (см. таблицу на стр. 350).

* Том I «Справочника гидротехники и мелиорации», стр. 150.

Р а й о н ы	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>n</i>
Север	1,43	0,28	0,112
Северо-восток	1,66	0,26	0,123
Унженско-Ветлужский	1,68	0,28	0,143
Северное Заволжье	2,06	0,28	0,144
Московский	2,82	0,42	0,148
Запад	2,88	0,13	0,236
Средняя полоса	3,35	0,15	0,235
Юг и юго-восток	3,57	0,07	0,288

При пользовании этой формулой необходимо иметь в виду, что длительность наблюдений для получения значения $q_{\text{макс}}$ можно оценивать периодом примерно 15—20 лет. Если желательно перейти к максимальным расходам более редким, то Д. И. Кочерин предлагает пользоваться уравнением Фуллера:

$$Q = Q_{\text{макс}} (1 + 0,8 \lg T) = \lambda Q_{\text{макс}};$$

Значения коэффициента λ следующие:

при $T = 25$ лет	$\lambda = 1,04$
» » = 33 »	$\lambda = 1,09$
» » = 50 »	$\lambda = 1,15$
» » = 100 »	$\lambda = 1,27$

Указанные поправки в равной мере относятся к ливневым расходам; устанавливаемым по формулам Кочерина.

Переход к максимуму иной обеспеченности Б. В. Поляков предлагает производить на основании определения C_{v1} , который для неисследованных и малоисследованных рек может быть временно, до получения новых данных, принят в виде такого приближенного соотношения:

$$C_{v1} = 1,5 C_v,$$

где C_v — коэффициент вариации годового стока. Коэффициент асимметрии максимальных расходов можно принять $C_{s1} = 2C_{v1} = C_v$.

По данным числовым значениям C_{v1} и C_{s1} можно вычислить величину максимального расхода любой обеспеченности по методу теории вероятностей. Сказанное в равной степени также относится и к коэффициентам Зайкова, указанным ниже.

2. Формула инж. Тарловского:

$$Q_{\text{макс}} = 1,36 (1 - 0,056 \sqrt{\omega}) \omega \text{ м}^3/\text{сек.};$$

где ω — водосборная площадь в квадратных километрах.

Инженер Тарловский вывел свою формулу в результате наблюдений над интенсивностью снеготаяния в б. Саратовской губернии; она пригодна для площадей от 15 до 50 км².

3. Формула Ю. В. Ланге для восточного Заволжья, полученная для условий б. Саратовской губернии:

$$Q_{\text{макс}} = 9k (\sqrt{\omega} + 0,02\omega) \text{ м}^3/\text{сек.};$$

где ω — водосборная площадь в квадратных километрах; k — коэффициент, зависящий от рельефа, почвы, состояния поверхности водосбора и т. д. Значение k колеблется от 0,75 до 1,25.

4. Формула Б. Д. Зайкова. В результате обработки и анализа фактического материала по 57 наибольшим секундным расходам рек Заволжья, а также ближайших к нему районов: Волго-Донского водораздела и

Ергеней, Б. Д. Зайковым выведена формула для определения максимального весеннего паводка:

$$Q_{\text{макс}} = \frac{4\omega}{(1 + \omega)^{0,3}} \text{ м}^3/\text{сек.},$$

где ω — водосборная площадь в квадратных километрах.

Относительно обеспеченности или вероятности повторения максимумов, даваемых этой формулой, автор формулы отмечает, что получаемые по формуле максимумы вероятны один раз в 50 лет. Для перехода же к более редким или, наоборот, более частым максимумам, ориентировочно, он предлагает принимать следующие поправочные коэффициенты:

максимум 1 раз в 100 лет	1,15
» 1 » » 33 года	0,90
» 1 » » 20 лет	0,80
» 1 » » 10 »	0,60

Формула Б. Д. Зайкова установлена на основании довольно большого количества фактических данных; поэтому можно полагать, что она является достаточно подходящей для всего юго-востока европейской части СССР. Автор формулы отмечает, что в условиях особого рельефа приволжской полосы Прикаспийской низменности максимумы, получаемые по его формуле, могут оказаться преувеличенными и здесь следует вводить добавочный коэффициент $\delta = 0,70$.

5. Для определения паводковой кривой рекомендуется применять уравнение Пирсона (типа III).

$$Q = Q_{\text{макс}} \left(\frac{e}{t_1} \right)^{r \cdot P} e^{-P} \cdot \frac{t}{t_1},$$

где $Q_{\text{макс}}$ — максимальный расход в кубических метрах в секунду;
 t_1 — период нарастания паводка в сутках (см. таблицу на стр. 352);
 e — основание натуральных логарифмов равное 2,718;
 r — численный показатель степени (см. далее);
 Q — переменный расход в кубических метрах в секунду;
 t — период продолжительности паводка в сутках.

Значение $Q_{\text{макс}}$ определяется по указанным выше формулам, t — период продолжительности паводка зависит от размеров бассейна и интенсивности таяния. Показатель степени r подбирается в зависимости от величины k , в свою очередь определяемой по формуле:

$$k = \frac{\sum Q}{Q_{\text{макс}} t_1 \cdot 86400}.$$

Таблица Кочерина* для определения значения коэффициента r в формуле Пирсона для кривых III типа

r	0,05	0,10	0,20	0,25	0,50	1,0	1,5	2,5	3,0
k	24,6	14,0	7,75	6,65	4,13	2,72	2,18	1,64	1,51
r	4,0	5,0	7,0	9,0	10,0	15,0	20,0	25,0	
k	1,29	1,15	0,94	0,84	0,81	0,65	0,56	0,54	

* Вопросы инженерной гидрологии, изд. Энергоиздат, 1932 г., стр. 205, табл. 82.

В этой формуле весенний сток многоводного года

$$\Sigma Q = 31\,500\,000 \cdot q_0 \cdot \omega \cdot k_{\text{макс}} \alpha,$$

где q_0 — норма среднего годового стока в секундолитрах на 1 км^2 , взятая с карты изолиний;

ω — площадь водосбора в квадратных километрах;

$k_{\text{макс}}$ — модульный коэффициент среднего многолетнего годового стока с обеспеченностью 1—2%;

α — коэффициент, зависящий от доли участия весеннего стока в годовом;

t_1 — период подъема паводка ориентировочно может быть выбран по данным, приведенным в следующей таблице.

Таблица значений t_1

Площадь водосбора в квадратных километрах	Период подъема в сутках t_1
до 500	3—5
500—1 000	4—6
1 000—10 000	5—8
10 000—20 000	8—10
20 000—30 000	10—12

Для очень малых бассейнов, в которых абсолютный максимум расхода дает ливневой паводок, величина t_1 подвержена большим колебаниям. Если имеются графики колебаний горизонтов по данной реке, то определение t_1 крайне просто на основании исследования времени от начала интенсивного подъема до времени прохождения пика паводка.

Формулы для определения максимальных расходов ливневых вод даны во II томе настоящего справочника (стр. 258).

Во всех сомнительных случаях, когда неизвестно, какой расход в данных условиях будет максимальным — снеговой или ливневой, следует устанавливать величину как снегового, так и ливневого

максимумов и за расчетную величину принимать большее из полученных величин. При этом для водосборных площадей менее 100 км^2 двойное определение максимального расхода нужно считать обязательным.

в) Изучение оставшихся отметок и сведений о размерах бывших паводков. Подлинные записи о высоких водах за длительные периоды имеются по многим рекам. Такие записи хранятся различными учреждениями.

Однако в громадном большинстве случаев отметки высокой воды приходится определять по наблюдениям местных жителей (опросный горизонт) и по оставшимся признакам паводков на берегах реки; к показаниям тех и других следует относиться с осторожностью. Когда отметка высокой воды установлена, расчет соответствующего расхода может быть сделан по формулам гидравлики.

Расход может быть получен экстраполяцией кривой расходов по найденной отметке высокой воды.

Этот метод дает грубое приближение соответствующего расхода, если только сечение не является особо правильным и если измерение расходов, по которым построена кривая, не включает ряда достаточно высоких паводков.

Если в то время существовала плотина, то может быть определен напор, а расход через сооружения вычисляется по соответствующим формулам гидравлики.

§ 110. Влияние регулирующей емкости водохранилища на $Q_{\text{макс}}$

Сопоставляя ход паводочного притока с процессом наполнения водохранилища, мы видим, что можно снизить расчетный наибольший расход воды ($Q_{\text{макс}}$) через отверстие водосбросных сооружений. Главная трудность подсчета этого снижения и главный источник ошибки лежат в гидрологической части задачи, т. е. в установлении расчетного графика притока.

Условные схемы графика притока могут быть выражены в виде треугольника или трапеции. Эти фигуры графика притока, в соединении с предположением о линейном возрастании расходов отверстия, дают весьма простой и по точности приемлемый путь расчета отверстий с учетом наполнения водохранилища посредством нижеследующих уравнений:

а) для кривой притока по треугольнику:

$$Q'_{\text{макс}} = Q_{\text{макс}} \left(1 - \frac{v_p}{S}\right);$$

б) для кривой притока по трапеции:

$$Q'_{\text{макс}} = \frac{S - v_p}{\frac{S}{Q_{\text{макс}}} - \frac{t_2}{2}};$$

где $Q'_{\text{макс}}$ — расчетный расход в кубических метрах в секунду;

S — суммарный сток за паводок в кубических метрах;

t_2 — для трапеции период наибольшего стока;

v_p — запасный объем водохранилища (в кубических метрах) в пределах от нормального подпертого горизонта до максимального катастрофического расчетного горизонта;

$Q_{\text{макс}}$ — максимальный паводковый расход через водосбросные сооружения без учета аккумуляции, в кубических метрах в секунду.

В отношении элементов графика притока при этом необходимо знать: для притока по треугольнику только две величины — максимальный паводковый расход $Q_{\text{макс}}$ и суммарный сток S в кубических метрах; для трапеции, кроме того, t_2 — период наибольшего стока. Отверстия вододержательных плотин, в особенности земляных, как требующие более осторожного определения (чем отверстия мостов и труб), следует рассчитывать и на снеговые и на ливневые паводки преимущественно по схеме трапеции в целях большей гарантийности расчета.

§ 111. Потери воды из водохранилищ

Потери воды из водохранилищ слагаются из потерь на испарение и на фильтрацию.

1. Потери на испарение. Полное испарение с водной поверхности может быть разбито на диффузное и ветровое испарение. Первое представляет собой испарение в неподвижную атмосферу, второе есть дополнительное испарение, вызываемое действием ветра.

Сведения о величине испарения с водной поверхности получаются на основании непосредственных наблюдений или путем расчета этой величины по формулам.

Для расчетов испарения в СССР распространенной является формула Мейера с изменением, внесенным в нее И. К. Тихомировым;

$$E = d(15 + 3w),$$

где E — слой испарения в миллиметрах в месяц;
 d — среднемесячный дефицит влажности в миллиметрах;
 w — скорость ветра в метрах в секунду.

Американские исследования указали, что в формулу Мейера необходимо ввести редуцирующий коэффициент. Инженером Б. В. Поляковым установлено, что величина редуцирующего коэффициента является динамичной и ее можно определить как функцию дефицита влажности:

$$R = f(d).$$

Графическая зависимость для $R = f(d)$ приводится на рис. 161.

Поэтому окончательный вид формулы для расчета испарения таков:

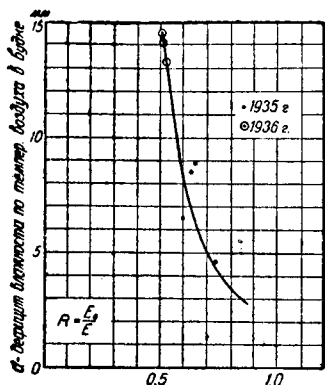
$$E = Rd(15 + 3w).$$

Исследования, произведенные Б. В. Поляковым на Ершовском испарительном бассейне, показали, что редуцирующий коэффициент R равен:

$$R = \frac{E_0}{E},$$

где E_0 — испарение из бассейна;

$$E = d(15 + 3w).$$



R — редуцирующий коэффициент при учете ветра на высоте флюгера

Рис. 161.

При расчете испарения с зеркала водохранилищ необходимо учитывать уменьшения величины испарения на высоту слоя выпадающих осадков. Для определения величины испарения можно пользоваться уравнением инженера Апполова:

$$h = \frac{(t + 15)^2}{12} + 86,$$

где h — испарившийся в месяц слой воды в миллиметрах;

t — средняя месячная температура воздуха в градусах Цельсия.

Величина испарения обычно устанавливается для каждого месяца в отдельности. Практически можно считать, что изменение величины испарения следует изменению дефицита влажности. А так как дефицит влажности обуславливает и величину стока, то учет изменчивости величины испарения при определении полной отдачи водохранилища должен находить свое отражение в водохозяйственных расчетах [проверка работы водохранилища за многолетний период аналитическим (табличным) или графическим способом].

2. Потери на фильтрацию. Потери на фильтрацию слагаются из фильтрации через грунты, образующие чашу водохранилища, фильтрации через плотину, в обход плотины и в берега.

Утечка из водохранилища через грунты зависит от геологического строения чаши, условий залегания грунтовых вод до устройства водохранилища. Учет потерь на фильтрацию, основанный на инженерных расчетах, может быть сделан только при надлежащих геотехнических и гидрологических данных по всей чаше водохранилища.

Для грубых прикидок можно принимать, что фильтрация из водохранилища для хороших условий близка к нулю, для средних она равна

1—3 мм слоя в сутки (со всей площади зеркала водохранилища в каждый момент), для плохих 3—4 мм в сутки.

Если есть основание опасаться фильтрации свыше 3—4 мм в сутки, то следует подвергнуть детальному анализу самый вопрос о рациональности устройства водохранилища в столь неблагоприятном месте.

Потери на фильтрацию в первые годы действия водохранилища бывают особенно велики и могут значительно превышать расчетные размеры. Уменьшение потерь с течением времени объясняется: а) постепенным напитыванием водой грунтов прилегающей местности, б) постепенным заилением ложа водохранилища илстыми частицами, осаждающимися из воды.

Уменьшение потерь на фильтрацию иногда происходит в течение длинного ряда лет.

При некоторых геологических условиях может наблюдаться и обратное явление, а именно при содержании в грунтах воднорастворимых солей потери воды на фильтрацию могут увеличиваться по мере промыва этих солей и увеличения порозности грунтов.

В работе «О потерях на фильтрацию из водохранилищ» П. И. Шипенко приводит метод расчета потерь на фильтрацию через плотину и основание и в берега водохранилища. При проницаемом основании потери через плотину определяются по формуле

$$Q = B \left(k \frac{H^2}{2l} + k \frac{HT}{S} \right) \text{ м}^3/\text{сутки},$$

где B — длина створа;

k — коэффициент фильтрации плотины;

H — напор в метрах (глубина водохранилища у плотины);

k_1 — коэффициент фильтрации основания в метрах в сутки;

T — глубина проницаемого основания в метрах;

$l = l_0 - 0,5mH - d$ расчетный путь фильтрации для плотины в метрах;

m — коэффициент заложения водного откоса;

d — ширина дренажа в основании в метрах;

l_0 — ширина основания плотины понизу в метрах;

$S = l_0 - d$ (то же в основании).

Для плотин с экраном и понуром формула принимает вид:

$$Q = \frac{(H - h) TBk_1}{l_n + mh}.$$

В этой формуле h — ордината депрессии в точке пересечения с экраном, l_n — длина понура; ордината h равна:

$$h = \frac{H(l_0 - d)}{(l_0 - d) + Hm + l_n},$$

где l_0 — ширина плотины понизу.

Донные потери, связанные с насыщением грунта, определяются по формуле:

$$W_o = \frac{\omega h (\eta - \eta_e)}{100} \text{ м}^3$$

где ω — площадь дна водохранилища в квадратных метрах;

η — пористость грунта в процентах;

η_e — естественная влажность в процентах;

h — глубина грунтовых вод в метрах.

Потери в берега водохранилища в предположении установившегося движения грунтового потока П. И. Шипенко рекомендует определять в следующей последовательности.

1) По формуле $l = \frac{h'}{i_2 + i_1}$ устанавливается очертание зоны насыщения, при этом верхняя граница (конец насыщения) совпадает с концом подпертого горизонта, нижняя граница проходит за плотиной на расстоянии $10H$. В этой формуле i_2 — гидравлический уклон горизонта воды $\frac{h}{L_x}$, где h — глубина воды у плотины, L_x — расстояние от плотины до отдельных поперечников, h' — глубина воды у поперечников $h' = h - L_x \cdot i_0$, где i_0 — уклон поймы реки, i_1 — уклон бытового горизонта грунтового потока.

Задаваясь различными значениями h' ($h' = h - L_x i_0$) и подставляя эти значения в формулу $l = \frac{h'}{i_2 + i_1}$, будем иметь ширину зоны насыщения в каждом из намеченных створов. Объединяющая кривая, проведенная через крайние точки отдельных створов, и будет представлять границу зоны насыщения.

2) В пределах полученной зоны насыщения, соблюдая условия ортогональности, проводится построение сетки из линий гидроизогипс и линий токов (см. «Справочник по мелиорации и гидротехнике», том I, стр. 456 — «Построение гидродинамических сеток»).

Потери определяются по каждой отдельной полосе по формуле:

$$Q = kb \frac{(H_1^2 - T^2)}{2l}.$$

В этой формуле b — средняя ширина полосы по направлению гидроизогипс: $b = b_1 - \frac{b_1 - b_2}{l} \cdot S$, где b_1 — ширина полосы в начале, b_2 — то же в конце, S — расстояние до середины полосы; l — средняя длина полосы $\frac{l_1 + l_2}{2}$, где l_1 и l_2 соответственные длины траекторий фильтрационных токов, образующих полосу; $H_1 = h + T$, где h — глубина воды у плотины, T — глубина проницаемого основания; k — коэффициент фильтрации.

Общие фильтрационные потери из водохранилища:

$$Q_{\text{потери}} = \sum_1^n Q_{\text{фильтр. берг}} + Q_{\text{фильтр. через плотину}},$$

где n — число полос.

3. Борьба с фильтрационными потерями. Борьба с усиленной фильтрацией при тяжелых гидрогеологических условиях является делом весьма трудным. Проведение специальных мероприятий, снижающих фильтрацию, требуют больших затрат и практически применяется лишь для водохранилищ небольшого размера.

Мерами к уменьшению фильтрации могут явиться:

а) покрытие ложа водохранилища водонепроницаемой одеждой (бетон, глина, глино-бетон и пр.); применяется для относительно небольших бассейнов питьевой воды;

б) нагнетание цементного раствора в трещиноватую скалу, если она обнажается в ложе водохранилища сравнительно небольшими участками;

в) ускорение кольматажа грунта путем искусственного увеличения мутности воды, поступающей в водохранилище; для этого, в частности,

может применяться гидравлический размыв грунтов подходящего качества (глина и суглинки) в карьерах по берегам питающего водохранилища; во время кольматажа в водохранилище поддерживается ток воды с таким расчетом, чтобы взмученные частицы возможно равномерно распределялись по всему ложу водохранилища;

г) повышение дисперсности грунта ложа водохранилища путем искусственного его солонцевания;

д) пропитывание верхнего слоя грунта растворами дубильных веществ и железного купороса, образующими в промежутках между частицами грунта непроницаемую пленку. Оба последние метода находятся в стадии опытного изучения и практического применения еще не получили.

§ 112. Общие соображения к определению мертвого объема водохранилища

При назначении мертвого объема водохранилищ необходимо оценить влияние следующих факторов:

- 1) условий заиления,
- 2) общих условий расположения водохранилища.

1. Условия заиления водохранилищ

На предупреждение и борьбу с заилением водохранилищ необходимо обращать самое серьезное внимание. Наиболее действительным способом борьбы с заилением водохранилищ является увеличение объема водохранилища сравнительно с его полезным объемом, т. е. создание мертвого объема.

Для определения величины среднего стока взвешенных наносов v инж. Поляковым предложена следующая формула:

$$v = aJqFS \left(\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\beta}{\gamma_2} \right),$$

где J — средний уклон реки в данном месте;

a — коэффициент, зависящий от размываемости почв или пород бассейна;

q — модуль стока в литрах в секунду с 1 км²;

F — площадь водосбора в квадратных километрах;

γ_1 — объемный вес взвешенных наносов (вес 1 м³ в тоннах);

γ_2 — объемный вес донных наносов (вес 1 м³ в тоннах);

β — величина отношения количества донных наносов к взвешенным наносам;

S — постоянный множитель — число секунд в году 31,5 · 10⁶.

Коэффициент a различен для разных типов бассейнов рек. В отношении подверженности бассейнов смыву все бассейны можно разделить на категории: 1) сильно размываемые (a — от 8 до 6); 2) умеренно размываемые (a — от 6 до 5); 3) средне размываемые (a — от 4 до 2); 4) слабо размываемые (a — от 2 до 1); 5) очень слабо размываемые (a — меньше 1).

Первая часть формулы aJ представляет собой годовую мутность. Вторая часть формулы qFS представляет собой подсчет объема среднего годового стока.

Третья часть $\left(\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\beta}{\gamma_2} \right)$ представляет собой переходный коэффициент от веса взвешенных наносов P к объему наносов, ежегодно приносимых в водохранилище.

В условиях малых водохранилищ объемный вес мелких взвешенных наносов γ_1 изменяется в зависимости от крупности частиц и может быть принят в пределах от 0,50 до 1,0 т (1 м³ наносов). Сток донных наносов для равнинных рек колеблется в пределах от 0,1 до 10%, а для горных рек — от 10% до 100% стока взвешенных наносов, выраженного в весовых единицах. Объемный вес донных наносов γ_2 изменяется в небольших пределах от 1,5 до 1,8 т (1 м³ наносов).

Пример расчета заиления водохранилища. Для расчета приняты следующие данные.

q — среднегодовой модуль стока равный 1,75 л в секунду с одного квадратного километра;

γ_1 — вес 1 м³ взвешенных наносов = 0,5 т;

γ_2 — вес 1 м³ донных наносов = 1,5 т;

β — процент донных наносов от количества взвешенных наносов; для крайне неблагоприятного случая соответствует 10%;

a — коэффициент, характеризующий денудационную деятельность данного района ($a = 0,6$);

J — уклон поймы реки = 0,003;

S — число секунд в году, равное $31,5 \cdot 10^6$ сек.;

F — водосборная площадь = 142 км².

Первая часть формулы aJ представляет среднюю годовую мутность:

$$\Delta \text{г/м}^3 = 0,6 \cdot 0,003 \cdot 10^6 = 1800 \text{ г/м}^3, \text{ или } 0,0018 \text{ т/м}^3.$$

Вторая часть формулы qFS представляет собой подсчет объема среднего годового стока при принятых расчетных элементах:

$$qFS = \frac{1,75 \cdot 142 \cdot 31,5 \cdot 10^6}{1000} = 7827750 \text{ м}^3.$$

Третья часть формулы $\left(\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\beta}{\gamma_2}\right)$ представляет собой переходный коэффициент от веса взвешенных наносов P к объему наносов, ежегодно приносимых в водохранилище; принимая $\gamma_1 = 0,5 \text{ т/м}^3$, $\gamma_2 = 1,5 \text{ т/м}^3$ и $\beta = 0,1$, получим:

$$\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\beta}{\gamma_2} = \frac{1}{0,5} + \frac{0,1}{1,5} = 2 + 0,07 = 2,07.$$

Объем ежегодно приносимых в водохранилище наносов

$$v = aJqSF \left(\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\beta}{\gamma_2}\right) = 0,0018 \cdot 7827750 \cdot 2,07 = 29200 \text{ м}^3.$$

Если из водохранилища сброс отсутствует, то в этом случае можно считать, что все наносы будут отлагаться в водохранилище (если пренебречь тем ничтожным количеством взвешенных наносов, которые могут попадать в оросительную систему при известных сочетаниях стока и потребления). В остальных случаях наносов оседает меньше, чем их будет в потоке.

Величины средней годовой мутности для рек среднего и южного Заволжья приведены в таблице на стр. 359.

Меры борьбы с заилением водохранилища могут быть сведены к ослаблению эрозионных процессов.

Мероприятия должны основываться на тщательном изучении процессов размыва, выяснения очагов выноса, условий их питания и пр. В зависимости от характера и причин размыва такими мероприятиями могут явиться следующие:

Сток наносов рек среднего и нижнего Заволжья за период 1929—1933 гг.
(по данным наблюдений Нижне-Волгопроекта)

Река	Пункт	Площадь бассейна (в квадратных километрах)	Время наблюдений			Средняя годовая мутность (в килограммах твердых частиц на 1 м ³ воды)
			Год	От	До	
Самарка	Новосергиевское	2 308	1933	1/IV	31/V	0,303
»	Первомайское	5 735	1933	1/IV	30/IX	0,307
»	Бузулук	21 430	1931	11 V	20 XI	0,105
»	»	21 430	1932	21 III	30/IX	0,525
»	Елшанка	22 035	1933	1/IV	30 IX	0,247
»	Максимовка	27 732	1932	21 III	10 XI	0,205
»	»	27 732	1933	1/IV	30/XI	0,291
»	Алексеевка	44 800	1932	13/IV	30 XI	0,081
»	Толевый завод	45 700	1932	11 V	30 XI	0,016
Б. Уран	Ивановка	2 190	1933	1/IV	30/IX	0,202
М. Уран	Никольское	2 085	1933	1 IV	30/IX	0,206
Ток	Усачевка	5 676	1932	11/V II	10/XII	0,013
»	Ероховка	5 095	1933	1/IV	30 IX	0,322
Бузулук	Андреевка	1 952	1931	11 IV	15 XI	0,481
»	»	1 952	1932	1/IV	30/XI	0,336
»	»	1 952	1933	1/IV	30/IX	0,377
Таналык	Родионовка	933	1931	1/VIII	11/XI	0,019
»	»	933	1932	5/IV	30 XI	0,458
Съезжая	Алексеевка	409	1931	21 IX	12 XI	0,015
»	Максимовка	1 701	1932	12/IV	10/XI	0,151
Б. Кинель	Бугуруслан	5 588	1933	1 IV	30 IX	0,419
»	Тимошево	11 874	1933	1 IV	30 IX	0,151
»	ИЗК	14 763	1932	21/V	30 XI	0,014
М. Кинель	Скрипниково	2 248	1933	1/IV	30 IX	0,435
Кутулук	Кротовка	1 412	1933	1 IV	30 IX	0,525
Чагра	Новотулка	2 473	1933	1/IV	31 V	0,682
М. Иргиз	Селезниха	2 099	1932	1 IV	5/V	0,794
»	»	2 099	1933	1/IV	30/IV	0,393
Б. Иргиз	Глушица	3 740	1933	1/IV	31/V	0,216
»	Клевенка	8 096	1929	4/IV	21 V	0,357
»	»	8 096	1930	15 III	30/IV	0,570
»	»	8 096	1932	12/III	12 V	0,275
»	»	8 096	1933	12 IV	26/IV	0,393
»	Быковка	22 800	1930	8 III	12/IV	0,113
»	»	22 800	1932	2/IV	8/VII	
»	»	22 800	1932	1/IV	29/IV	0,178

1) всякого рода увлажнительные работы, направленные к задержанию атмосферных осадков на месте их выпадения, как-то: снегозадержание и водозадержание, пахты поперек склона и пр.;

2) введение правильных севооборотов с посевами многолетних трав;

3) закрепление поверхностного покрова растительностью, облесение и залужение высоких склонов, воспреещение пастьбы скота на склонах и т. п.;

4) террасирование крутых склонов;

5) закрепление оврагов.

2. Мертвый объем в связи с расположением отдельных частей водохранилища

Отметка входной части водовыпуска (низа сливной призмы) определяется из условий командования магистрального канала, запроектированного с таким продольным уклоном, который обеспечил бы охват

пригодной для орошения площади. Задаваясь командной отметкой в конце магистрального канала

($h_{\text{земля}} + h_{\text{превышение горизонта воды над поверхностью земли}}$) и, прибавляя потерянный напор ($h_w = il$, где i — уклон канала, l — длина канала), определяют отметку в голове магистрального канала, соответствующую отметке низа сливной призмы. Наиболее благоприятным является случай, когда при горизонте мертвого объема (низ сливной призмы) обеспечивается подача расчетного расхода через водовыпуск в магистральный канал.

Однако может оказаться, что отметка водовыпуска выше или ниже зеркала мертвого объема. Рассмотрим необходимые в этом случае мероприятия.

1. Отметка водовыпуска падает в область мертвого объема. В этом случае простейшим решением является повышение рабочего водовыпуска до отметки, обеспечивающей необходимый мертвый объем. Это может быть связано с перенесением трассы магистрального канала (но при условии сохранения орошаемой площади) без изменений или с устройством сопрягающего сооружения (быстротока или перепада).

Возможно также последующее рефулирование или иной способ удаления наносов, заполняющих часть объема водохранилища, расположенную выше порога рабочего водовыпуска. Сравнение технических условий применения одного или другого способа для каждого индивидуального водохранилища приведет к рациональному решению.

2. Отметка рабочего водовыпуска выше зеркала необходимого мертвого объема. Если по условиям разбивки сети отметка рабочего водовыпуска окажется выше зеркала мертвого объема, то следует выяснить целесообразность применения механического подъема воды, заключенной между зеркалом мертвого объема и отметкой порога водовыпуска.

3. Мероприятия по уменьшению первоначальных строительных расходов по созданию мертвого объема. Строительные расходы по созданию мертвого объема могут достигать значительного процента от общей стоимости водохранилища. Если же дальнейшие исследования покажут более высокую среднюю годовую мутность, чем это предполагалось в проекте, то стоимость мертвого объема может превысить расходы на полезный объем.

Между тем использование мертвого объема может быть растянуто на очень большой период времени, обусловленный общим сроком службы водохранилища.

Ввиду этого следует выяснить целесообразность устройства плотины такой высоты, которая обеспечивает величину мертвого объема на часть срока службы водохранилища.

При этом уменьшаются первоначальные строительные расходы. В дальнейшем по ходу заиления водохранилища необходимо будет наращивать плотину. Экономическая сторона вопроса решается в результате соответствующих индивидуальных подсчетов.

Технически же последующее наращивание плотины и увязка с работой остальных сооружений вполне возможны. В отдельных случаях не исключена возможность и удаления наносов из водохранилища.

§ 113. Водохозяйственные расчеты

Водохозяйственные расчеты по регулированию стока должны, по существу, определить наиболее эффективное (в технико-экономическом смысле) соотношение между объемом водохранилища и полезной отдачей воды на орошение и другие хозяйственные нужды при зарегулированном стоке. В условиях засушливых и полузасушливых районов наблюдается

не только весьма резкая неравномерность распределения стока по сезонам каждого отдельного года, но также и по отдельным годам. Поэтому водохранилища по использованию местного стока в большинстве случаев приходится проектировать с многолетним регулированием.

Однолетнее, или сезонное, регулирование стока может быть принято только в том случае, когда расчетное потребление воды не превышает годового стока при заданном проценте обеспеченности, т. е. когда модульный коэффициент годового стока при принятом проценте обеспеченности больше или равен коэффициенту регулирования стока.

Многолетнее регулирование необходимо тогда, когда расчетное потребление превышает величину стока при заданном проценте обеспеченности.

При многолетнем регулировании нужна большая емкость водохранилища и потому выше и дороже должна быть плотина. Однако при этом имеются следующие преимущества: а) больше размеры орошаемой площади, б) больше обеспеченность водой в бессточные или маловодные годы, г) меньше водосливные сооружения, ибо водохранилище в этом случае больше способно поглощать сильные паводки.

В районах использования местного стока на орошение, в частности в Заволжье, оросительные нормы в ряде лет также не остаются постоянными, а снижаются в зависимости от влажности каждого года.

При водохозяйственном расчете необходимо учитывать переменность потребления воды на орошения. Поэтому расчеты приходится производить несколько иначе, чем это принято в обычной гидротехнической практике расчета водохранилищ с многолетним регулированием при постоянном потреблении воды.

При расчете водохранилищ по использованию местного стока на орошение могут встретиться три основных случая сочетания местных условий.

1. При наличии удобных для орошения площадей и благоприятных участков для создания водохранилища с сравнительно большим объемом водный фактор находится в минимуме и рациональный объем водохранилища, а следовательно, и площадь орошения определяются размерами стока.

2. Объем водохранилища определяется находящимися в минимуме пригодными земельными фондами.

3. Объем чаши водохранилища определяется топографическими условиями (возможностями целесообразных затоплений) при наличии избыточных водных и земельных ресурсов.

Первый из указанных случаев требует наиболее полного расчета, и приведенный ниже пример предусматривает этот случай. Остальные два случая по существу являются частными и без труда могут быть приведены к первому случаю.

А. Метод расчета

Непосредственный аналитический (табличный) и графический расчет водохранилищ требует наличия обработанных за более или менее длительный период времени гидрометрических материалов и данных по нормам орошения. При отсутствии таких материалов за длинный ряд лет расчет целесообразно производить по методу математической статистики.

Б. Исходные данные

1. Средний многолетний сток регулируемого водотока устанавливается на основе данных гидрометрических наблюдений. Если они отсутствуют, средний многолетний сток устанавливается по водосборной площади и норме стока.

Водосборная площадь, отнесенная к створу проектируемой плотины, определяется по имеющимся наиболее подробным картам.

2. Коэффициент вариации годового стока C_v устанавливается либо по данным гидрометрических наблюдений, либо по формулам.

3. Коэффициент асимметрии годового стока принимается равным: $C_s = 2C_v$.

4. Коэффициент вариации оросительных норм C''_v устанавливается по фактическим данным или принимается по аналогии с соседним районом; иногда коэффициент вариации оросительных норм может быть приравнен коэффициенту вариации осадков.

5. Коэффициент асимметрии оросительных норм $(C''_s)^*$ при отсутствии данных принимается равным: $C''_s = 2 C''_v$.

6. Необходимый процент обеспеченности проектируемой системы зависит от экономических и гидрологических условий и обычно колеблется в пределах от 95 до 70% и ниже. Обозначив процент обеспеченности через p и через ω площадь орошения, соответствующую этому проценту, будем иметь, что эта площадь обеспечивается водой в течение p N лет, а в течение $(1-p)$ N воды не будет хватать на орошение всей площади.

7. Типовое распределение годового стока по сезонам для лет различной многоводности устанавливается либо по непосредственным данным, либо по аналогии с изученными бассейнами, находящимися в сходных гидрологических условиях.

8. Топографическая характеристика проектируемого водохранилища (кривые зависимости объема и зеркала водохранилища от его наполнения) строятся на основании топографического материала.

9. Потери воды из водохранилища — испарение с зеркала и фильтрация в грунты и в обход подп рных сооружений — устанавливаются на основании метеорологических, гео- и гидрогеологических данных.

10. Мертвый объем водохранилища определяется, исходя из условий заиления, санитарно-технических, ледяного покрова (при учете водоснабжения, командования магистрального канала, рыбоводства и пр.).

11. Графики гидромодуля, соответствующие среднему, средне сухому и средне влажному годам, устанавливаются на основе балансовых и хозяйственных расчетов.

12. Коэффициент полезного действия оросительной системы устанавливается предварительными подсчетами.

В. Порядок расчета

Порядок расчета таков.

1. Определяют емкость водохранилища, исходя из возможных, в пределах заданной обеспеченности, отклонений стока от нормы по годам (многолетняя емкость)*.

2. Определяется добавочная емкость водохранилища, необходимая для регулирования сезонных колебаний стока в пределах одного года (сезонная емкость).

3. Определяется мертвый объем водохранилища в зависимости от условий заиления, командования и пр.

4. Устанавливается средняя норма орошения и емкость водохранилища при переменном водопотреблении.

5. Составляется топографическая характеристика водохранилища:

$$F = f(h) \text{ и } v = f(h),$$

* Коэффициент асимметрии норм определяется тем же методом, что и коэффициент асимметрии годового стока.

где F — площадь зеркала водохранилища в квадратных метрах или квадратных километрах;
 v — объем водохранилища в кубических метрах;
 h — превышение между горизонталями в метрах.

6. Подсчитываются потери на испарение и фильтрацию.

7. Устанавливается оросительная способность и выбирается расчетная емкость водохранилища.

8. Проверяется работа водохранилища за ряд последовательных календарных лет.

1. **Определение многолетней емкости водохранилища.** Расчетный расход воды из водохранилища на полезное потребление и бесполезные потери за год равен

$$N = \alpha S_0,$$

где S_0 — средний многолетний сток;

α — коэффициент зарегулирования стока;

в этом случае дефицит объема к концу года (z) достигает величины:

$$z = q_0 (\alpha - k), S_0,$$

где k — модульный коэффициент годового стока при заданном проценте обеспеченности; он определяется по таблицам Фостера;
 q_0 — средняя многолетняя норма стока.

Емкость водохранилища для многолетнего регулирования должна соответствовать наибольшему в пределах принятой обеспеченности дефициту объема.

Так как маловодные годы могут следовать один за другим, то в этом случае наибольший дефицит объема получится не в конце одного года, а в конце всего маловодного периода в $n=2, 3$ и т. д. лет.

Дефицит объема воды к концу n -ного года равен $z^n = q_0 (\alpha - k^n) n$, где k^n — средний за период n лет модульный коэффициент годового стока, устанавливаемый по таблице Фостера (том II «Справочник»); причем значения коэффициентов вариации и асимметрии для n лет, по Крицкому и Менкелю, равны:

$$C_v^n = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \text{ и } C_s^n = \frac{C_s}{\sqrt{n}}.$$

Значения дефицита в долях от средней многолетней нормы стока в зависимости от различных коэффициентов α и принятой обеспеченности p сводятся в таблицу:

Т а б л и ц а 1

p (процент обеспеченности)

n	\sqrt{n}	C_v^n	C_s^n	k^n	$z_n = (\alpha - k^n) n$				
					$\alpha =$	$\alpha =$	$\alpha =$	$\alpha =$	$\alpha =$

Эта таблица дает: 1) расчетный дефицит в долях от средней многолетней нормы стока и 2) расчетную продолжительность маловодного периода для n последовательно маловодных годов (дающую максимум z_n).

Необходимая емкость водохранилища для многолетнего регулирования должна быть установлена в предположении различных процентов обеспеченности от 50% до 99% и различных коэффициентов зарегулированного стока.

2. Сезонная емкость водохранилища. К полученному объему многолетнего регулирования прибавляется емкость, необходимая для выравнивания сезонных колебаний стока. Сезонная емкость в долях среднего многолетнего (нормы) стока равна коэффициенту зарегулирования стока (α).

Таким образом емкость водохранилища:

$$v = [(\alpha - kn)n + \alpha] S_0.$$

3. Средняя норма орошения. Нормы орошения в засушливых и полувлажных районах являются величинами переменными и изменяются в зависимости от влажности года. Переменность оросительных норм при расчете водохранилищ учитывается следующим образом. На основании анализа атмосферных осадков и накопления естественной влаги в почве по годам устанавливаются методом балансовых расчетов изменения норм орошения по годам для ряда лет.

Таким образом, вследствие неравномерного потребления по годам в водохранилище могут образоваться остатки. Эти остатки за n лет (Δm_n) при полном использовании зарегулированного стока определяются следующим образом:

$$\Delta m_n = \alpha (1 - m_n) n,$$

где α коэффициент зарегулирования стока;

n — число лет регулирования;

m_n — модульный коэффициент норм (отношение нормы данного года к норме среднего года).

Значение m_n — модульного коэффициента норм для одного года регулирования — может быть принято по кривой распределения, построенной по формуле:

$$p = \frac{m - 0,5}{n} \cdot 100,$$

где m — порядковый номер члена ряда (модульного коэффициента) в убывающем порядке;

n — число членов ряда.

Расчетный процент покрытия потребностей для оросительных норм может быть принят в размере 80—75%, что соответствует 20—25% обеспеченности по Фостеру.

Величина m_n для 2, 3 и т. д. лет регулирования устанавливается по таблицам Фостера. На основании значений C_v^m и C_s^m , вычисленных по формулам

$$C_v^m = \sqrt{\frac{\sum (m-1)^2}{n-1}} \quad \text{и} \quad C_s^m = \frac{\sum (m-1)^3}{(n-1) C_v^3},$$

определяются

$$C_v^n = \frac{C_v^m}{\sqrt{n}} \quad \text{и} \quad C_s^n = \frac{C_s^m}{\sqrt{n}}.$$

В этих формулах m — модульный коэффициент оросительных норм, т. е. отношение оросительной нормы данного года, установленной по балансовым расчетам, к средней оросительной норме за n лет; n — число лет, по которым имеются значения оросительных норм.

Расчетные данные для определения C_v^m и C_s^m сводятся в следующую таблицу,

Т а б л и ц а 2

№ по порядку	Год	Оросительная норма M	Модульный коэффициент норм m	$(m-1)$	$(m-1)^2$	$(m-1)^3$

Следует отметить, что C_v^m можно вычислить с достаточной практической точностью, если имеется ряд в 10 лет. Вычисление с достаточной точностью значения C_s^m представляется затруднительным. Удовлетворительный для практических целей результат получается, если принять $C_s^m = 2C_v^m$.

Расчеты для определения m_n производятся обычно при средней за n лет оросительной норме. Поэтому для дальнейших расчетов удобнее модульный коэффициент норм выразить не в долях средней оросительной нормы, а в долях оросительной нормы средне-сухого года,

$$m'_n = m_n \frac{M_{ср}}{M_{ср. \text{ сухого года}}} ;$$

Все данные сводятся в следующую таблицу:

Т а б л и ц а 2а

n	V_n	C_v^n	C_s^n	m_n	m'_n	$\Delta m_n = \alpha (1 - m'_n) n$			
						$\alpha =$	$\alpha =$	$\alpha =$	$\alpha =$

Многолетняя емкость водохранилища z' в долях от среднего многолетнего стока в предположении переменного водопотребления и при принятом коэффициенте обеспеченности будет равна:

$$z'_{\text{много}} = [(x - kn) - \alpha (1 - m'_n) n] S_0;$$

значения выражений в скобках берутся из таблиц 1 и 2.

Расчетные данные сводятся в таблицу 3.

Т а б л и ц а 3

№ по порядку	Число лет	$z' = (x - kn) n - \alpha (1 - m_n) n$				
		$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,6$	$\alpha = 0,7$	$\alpha = 0,8$	$\alpha = 0,9$

Таким образом, емкость водохранилища v в долях средне-многолетнего стока и в предположении переменных норм водопотребления будет равна:

$$v = z' + \alpha \text{ или } \{(\alpha - k)n - \alpha(1 - m'_n)n + \alpha\} S_0.$$

4. **Топографическая характеристика водохранилища.** Топографические характеристики графически показывают ход изменения площадей зеркала и объемов в зависимости от отметки горизонта воды в водохранилище; они являются весьма важными для водохозяйственного расчета. Топографические характеристики водохранилища строятся следующим образом. По оси ординат прямоугольной координатной системы откладываются отметки горизонта воды в водохранилище, а по оси абсцисс — площади зеркала и объемы воды, соответствующие различным отметкам горизонта воды в водохранилище.

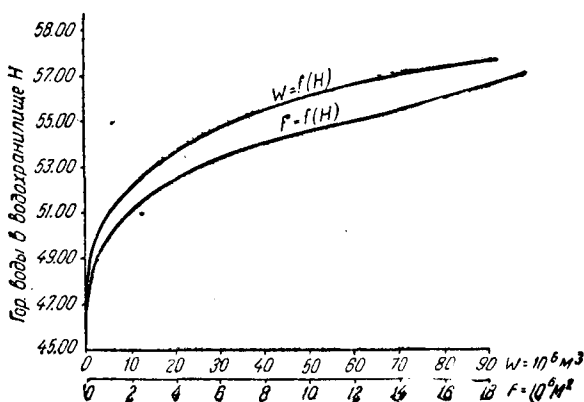


Рис. 162.

Площадь зеркала водохранилища определяется по плану в горизонталях обводкой планиметром площади, ограниченной данной горизонталью. Найденные площади зеркала, при соответствующих отметках, наносятся на график, в результате чего получается кривая площадей зеркала водохранилища:

$$F = f(h),$$

где h — в метрах;

F — площадь в квадратных метрах.

Если до проектируемых отметок зеркала съемка не доведена, то полученную кривую площадей можно экстраполировать, сохраняя ее общее направление (экстраполяция кривой, однако, допустима только для схематического проектирования, рис. 162).

5. **Расчет объема потерь на испарение и фильтрацию и установление расчетного объема водохранилища.** Расчет объема потерь распадается на следующие части:

а) устанавливается полная емкость водохранилища в предположении различных коэффициентов зарегулирования;

б) устанавливается работа водохранилища без учета потерь при принятых коэффициентах зарегулирования стока;

в) вычисляется объем потерь при принятых коэффициентах зарегули-
ваний.

ро Определение потерь для принятого коэффициента зарегулирования
проводится в такой последовательности:

Т а б л и ц а 4

Работа водохранилища при коэффициенте зарегулирования α (без учета
потерь) (все величины в кубических метрах)

Год	Сезон	Приток за сезон	Приток с начала периода	Расход за сезон	Расход с начала периода	Убыль из водо- храни- лища	Объем водохра- нилища к концу сезона
1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 4 характеризует работу водохранилища при принятых коэф-
фициентах зарегулирования; расчетный период начинается с межени
1-го года и заканчивается меженью $n + 1$ -го года с модульным коэф-
фициентом $k_{\alpha+1}$.

Модульные коэффициенты, входящие в расчетный период продолжи-
тельностью n лет при принятом коэффициенте зарегулирования, прини-
маются одинаковыми и равными k_n (см. таблицу 1). Модульные коэф-
фициенты для $n + 1$ принимаются $k_{n+1} = \alpha$; потребление равно сезонной
емкости водохранилища. Объем притока, имеющего место в течение
расчетного периода, может быть получен умножением средне-много-
летнего стока S_0 на модульный коэффициент k_n .

Данные графы 5 получаются в результате умножения среднего годо-
вого стока на расчетный коэффициент зарегулирования стока с дальнейшей
разбивкой произведения по месяцам пропорционально заданным разме-
рам потребления отдельных месяцев.

Потери из водохранилища на испарение и фильтрацию при коэффициен-
те зарегулирования α вычисляются по форме, указанной в таблице 5.

Т а б л и ц а 5

Год	Сезон (месяцы)	Средний объем водохра- нилища	Средняя площадь зеркала водохра- нилища	Слой потерь	Объем потерь	Объем потерь с начала периода
1	2	3	4	5	6	7

Таблица 5 определяет размеры потерь; в основу подсчета положены
данные предыдущей таблицы.

Значения отдельных расчетных элементов при различных коэффициен-
тах зарегулирования приводятся в таблице 6.

Таблица 6

Коэффициент зарегулирования в долях среднего многолетнего стока	Расход за сезон (в кубических метрах)	Объем многолетнего регулирования (в кубических метрах)	Рабочая емкость водохранилища (в кубических метрах)	Мертвый объем (в кубических метрах)	Полный объем (в кубических метрах)	Средний объем (в кубических метрах)	Площадь зеркала (в квадратных метрах)
α	$S_0 \alpha$	$z' S_0$	$S_0 \alpha + z' S_0 = v_{\text{раб}}$	$v_{\text{мертвый}}$	$S_0 \alpha + z' S_0 + v_{\text{м}} = v_{\text{пол}}$	$\frac{v_{\text{раб}}}{2} + v_{\text{мертвый}}$	F
1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 6 (продолжение)

Объем потерь (в кубических метрах)	Полезная отдача (в кубических метрах)	Оросительная норма средне-сухого года (в кубических метрах на 1 га)	Коэффициент полезного действия системы	Оросительная норма-брутто (в кубических метрах)	Оросительная способность (в гектарах)	Подлертый горизонт (в метрах)	Плотина (в кубических метрах)	
							Объем земляных работ	На 1 га
$v_{\text{потери}}$	$S_0 \alpha - v_{\text{потери}}$	M	η	$\frac{M}{\eta}$				
9	10	11	12	13	14	15	16	17

На основании анализа таблицы 6 устанавливается расчетное значение коэффициента зарегулирования, полный объем водохранилища и значение орошаемой площади.

Наиболее выгодным является тот коэффициент зарегулирования (при определенном проценте обеспеченности p), при котором получается: а) наибольшая полезная отдача водохранилища и, следовательно, наибольшая возможная величина орошаемой площади; б) достаточно малая площадь затопления сравнительно с орошаемой площадью; в) приемлемая удельная стоимость плотины на 1 га орошаемой площади. Таким образом для разных значений α (при одной и той же обеспеченности)

могут быть найдены размеры полезной отдачи водохранилища, следовательно, и возможная величина орошаемой площади.

Наивыгоднейшим процентом обеспеченности ($p\%$) будет тот процент, при котором общая за весь длительный период времени N лет народнохозяйственная эффективность, суммарная орошаемая площадь и суммарная продукция с нее за N лет, будет наибольшей (при приемлемых размерах затопления и стоимости сооружения).

Если обеспеченности стока p соответствует величина орошаемой площади ω , то эта площадь будет полностью обеспечена водой в течение pN лет, а в течение $(1-p)N$ лет воды будет нехватать на орошение всей площади. Положим, что средняя за $(1-p)N$ маловодных лет орошаемая площадь составляет ω_1 .

Величина этой площади приближенно может быть определена следующим образом:

$$\omega_1 = \{(\alpha - \alpha'') - (k_{пр} - k_{мин})\} \frac{S_0}{M_0},$$

где S_0 — средний многолетний сток в кубических метрах;

M_0 — оросительная норма средне-сухого года в кубических метрах на 1 га;

$k_{пр}$ — значение модульного коэффициента, отвечающего обеспеченности p ;

$k_{мин}$ — среднее значение модульного коэффициента за период $(1-p)N$ лет, отвечающее обеспеченности между p и 100 процентами.

Наивыгоднейшим будет тот процент обеспеченности, при котором суммарная, орошенная за N лет площадь, равная $\{pN\omega + (1-p)N\omega_1\}$, будет максимальной. Подставив в это выражение значения ω и ω_1 и сделав преобразование, получим следующее выражение суммарной орошенной за N лет площади при обеспеченности p и коэффициенте зарегулирования стока α_p , наивыгоднейшем при этом p :

$$\{(\alpha_p - \alpha'') - (k_{пр} - k_{мин})(1-p)\} N \frac{S_0}{M_0}.$$

Наивыгоднейшим будет тот процент обеспеченности p , при котором выражение, стоящее в фигурных скобках, будет максимальным. Поэтому для разных значений p должны быть найдены значения этого выражения; полученные данные располагаются в таблице 7.

Т а б л и ц а 7

Обеспеченность стока (в процентах)	Наибольшая полезная отдача в долях от среднего многолетнего стока $\alpha - \alpha''$	Расчетное значение $k_{пр}$	Недобор воды в маловодные годы		Общая полезная отдача в долях от среднего многолетнего стока (2)–(5)
			среднегодовой $k_{пр} - k_{мин}$	за все маловодные годы $(k_{пр} - k_{мин})(1-p)$	
1	2	3	4	5	6

Таблица 8

1	Год																			
2	Месяц																			
3	Модульный коэффициент																			
4	Водооборотная площадь (в квадратных километрах)																			
5	Сток с водосборной площади (в кубических метрах)																			
6	Остаток воды в водохранилище в конце месяца (в кубических метрах)																			
7	Итого																			
8	Средн. из водохранилища (в кубических метрах)																			
9	Объем водохранилища (в кубических метрах)																			
10	Опашаемая площадь (в гектарах)																			
11	Объем потребления (в кубических метрах)	на 1 га	на всю площадь																	
12	Восполнение (в кубических метрах)																			
13	Всего																			
14	Средний объем водохранилища (в кубических метрах)																			
15	Среднее зеркало водохранилища (в квадратных километрах или метрах)																			
16	Слой потерь (в метрах)																			
17	Объем потерь (в кубических метрах)																			
18	Потери + потребление (в кубических метрах)																			
19	Остаток воды в водохранилище в конце месяца (в кубических метрах)																			

$$\text{Значение } a'' = \frac{v_{\text{потери}}}{S_0},$$

где — $v_{\text{потери}}$ определяются по изложенному выше методу для принятого расчетного a .

В этой таблице в графу 2 вписывается наибольшая отдача водохранилища при каждой обеспеченности p в долях средне-многолетнего стока; значение a'' принимается в долях от средне-многолетнего стока. В 3 графу вписывается расчетное значение модульного коэффициента $k_{лр}$, отвечающее при данной обеспеченности p наиболее выгодному значению a и максимальной величине дефицита стока. То значение p , которому соответствует наибольшее значение графы 6, и дает наиболее выгодный, при данных условиях, процент обеспеченности. Расчеты следует провести для значения p от 50% до 99%, и на основании полученных данных следует построить кривую зависимости интересующих нас величин от величины p .

6. Проверка работы водохранилища за многолетний период. Когда объем водохранилища и площадь орошения установлены, тогда может быть сделана проверка работы водохранилища за многолетний период.

Для этого необходимо иметь: 1) величину стока с данной водосборной площади за разные годы (не только маловодные и многоводные, но и за каждый год) для целого гидрологического периода, охватывающего весь цикл как самых многоводных, так и самых маловодных лет; 2) величину испарения по годам за рассматриваемый гидрологический период; 3) величину норм орошения по годам за тот же период.

Проверка работы водохранилища может быть сделана аналитически или графически при переменном водопотреблении и при норме средне-сухого года

и должна показать, в какие годы или периоды (если анализ делается по периодам) будет избыток воды (сброс), в какие — ее будет достаточно и когда будет недостаток воды. В результате таких подсчетов можно судить, насколько правильно установлена площадь орошения при принятой обеспеченности и емкости водохранилища; на основе их также выясняются размеры недополивов в маловодные периоды, что необходимо для:

1) экономических подсчетов по обоснованию выбираемых процентов обеспеченности стока и коэффициента зарегулирования;

2) составления проекта с.-х. использования орошаемой территории и эксплуатации оросительной системы.

Все данные по проверке работы водохранилища за многолетний период сводятся в приведенную выше таблицу 8.

Результативные данные таблицы 8 позволяют сделать сравнение с расчетными данными, принятыми при определении емкости водохранилища. Если обозначить количество лет, не обеспечивающих полив расчетной площади, через N , то процент обеспеченности равен:

$$p = \frac{N' - N}{N'} ;$$

где N' — число лет наблюдений по стоку;

Коэффициент зарегулирования стока:

$$a = \frac{\sum Q - \sum A'}{\sum Q} ;$$

где $\sum Q$ — суммарный годовой сток за N лет (данные графы 5),

$\sum A'$ — суммарный сброс из водохранилища (данные графы 8).

Коэффициент полезного действия водохранилища,

$$\eta' = \frac{\sum M'}{\sum C} ;$$

где $\sum M'$ — суммарные потери из водохранилища (данные графы 17);

$\sum C$ — суммарный объем водохранилища (данные графы 9).

Г. Пример расчета водохранилища

В качестве примера, установим оросительную способность водохранилища на р. Б. Вязовке.

1. **Данные для расчета.** Данные для расчета таковы:

1. Водосборная площадь реки, отнесенная к створу плотины:

$$F = 600 \text{ км}^2.$$

2. Норма стока по карте изомодулей устанавливается равной:

$$q = 2,38 \text{ л/сек. с } 1 \text{ км}^2 \text{ (рис. 163).}$$

Средне-многолетний сток при этих данных:

$$S_0 = \frac{F \cdot q \cdot 365 \cdot 86400}{1000} = 45 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

3. Коэффициент вариации стока устанавливается по формуле инж. Соколовского:

$$C_v = a - 0,063 (\lg \omega + 1) = 0,67 - 0,063 \lg (600 + 1) = 0,49.$$

(климатический параметр $a = 0,67$ принят по карте изолиний) (стр. 372).

4. В соответствии с данным Гидрологического сектора Нижне-Волго-проекта коэффициент асимметрии стока принимается $C_s = C_v = 0,49$.

5. Распределение стока по сезонам принимаем соответствующим среднему по водоносности году (см. таблицу I).

Т а б л и ц а I

Сток в процентах от годового стока			
Осень	Зима	Весна	Лето
X—IX	XII—III	IV—V	VI—IX
1	2	96	1

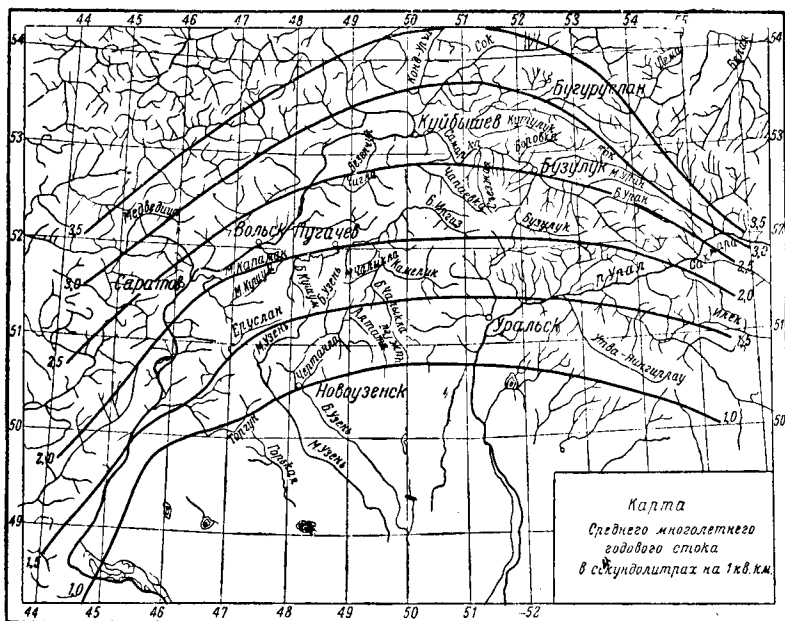


Рис. 163.

6. Суммарные величины потерь на испарение и фильтрацию, по данным Нижне-Волгопроекта, принимаются следующие (применительно к среднему году) (см. таблицу II):

Т а б л и ц а II

Потери в год в миллиметрах			Потери по месяцам в миллиметрах							
Испарение	Фильтрация	Сумма	XI—III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
400	700	1 100	181	87	146	150	198	178	104	56

7. Величина расчетной обеспеченности принимается 80%.

8. Оросительная норма-нетто, соответствующая средне-сухому году, по графику гидромодуля устанавливается равной:

$$M_{ср. с\text{ух}} = 2\,230 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га.}$$

То же для среднего года

$$M_{ср} = 1\,970 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га.}$$

9. Распределение оросительной нормы средне-сухого года по месяцам представляется в следующем виде:

V	32,1%
VI	40,6%
VII	17,8%
VIII	9,5%
Итого 100,0%	

10. Коэффициент вариации оросительных норм $C_v^m = 0,21$; коэффициент асимметрии $C_s^m = 0,25$.

11. Покрытие потребления устанавливается в размере 25%.

12. Коэффициент полезного действия оросительной системы $\eta = 0,50-0,60$.

II. Многолетняя емкость. Дефициты объема в долях от многолетней нормы стока для различной продолжительности за период n лет при $C_v = C_s = 0,49$ и 80% обеспеченности приводятся в следующей таблице (см. таблицу III).

Таблица III

n	\sqrt{n}	C_v^n	C_s^n	k^n	$z_n = (\alpha - k^n) n$					
					$\alpha=0,50$	$\alpha=0,60$	$\alpha=0,70$	$\alpha=0,80$	$\alpha=0,90$	$\alpha=0,95$
1	1	0,49	0,49	0,581	-0,081	+0,019	+0,119	+0,219	+0,319	+0,369
2	1,414	0,346	0,346	0,706	—	-0,212	-0,012	+0,168	+0,388	+0,488
3	1,731	0,283	0,283	0,759	—	—	—	—	+0,423	+0,573
4	2,000	0,245	0,245	0,792	—	—	—	—	+0,432	+0,632
5	2,236	0,219	0,219	0,814	—	—	—	—	+0,430	+0,680
6	2,450	0,200	0,200	0,830	—	—	—	—	—	+0,720
7	2,646	0,185	0,185	0,843	—	—	—	—	—	+0,749
8	2,828	0,173	0,173	0,853	—	—	—	—	—	+0,776
9	3,000	0,163	0,163	0,862	—	—	—	—	—	+0,792
10	3,162	0,155	0,155	0,869	—	—	—	—	—	+0,810
11	3,317	0,148	0,148	0,875	—	—	—	—	—	+0,825
12	3,464	0,141	0,141	0,880	—	—	—	—	—	+0,840
13	3,606	0,135	0,135	0,886	—	—	—	—	—	+0,858
14	3,742	0,131	0,131	0,889	—	—	—	—	—	+0,854
15	3,873	0,126	0,126	0,894	—	—	—	—	—	+0,840

III. Сезонная емкость. Сезонная емкость водохранилища, в долях от многолетней нормы стока, при указанном распределении стока по сезонам, может быть принята равной $z_{сез} = 0,97 a$, где a — коэффициент регулирования стока.

Для различных коэффициентов регулирования стока значения $z_{сез}$ получаются следующими (см. таблицу IV на стр. 374).

Таблица IV

Коэффициент зарегулиро- вания α	$z_{сез} =$ $= 0,97 \alpha$	Коэффициент зарегулиро- вания α	$z_{сез} =$ $= 0,97 \alpha$
1	2	1	2
0,50	0,485	0,80	0,776
0,60	0,582	0,90	0,873
0,70	0,679	0,95	0,922

IV. Мертвый объем. Величина мертвого объема устанавливается из условий заилиenia по формуле:

$$v = aJqFS_0 \left(\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\beta}{\gamma_2} \right);$$

где $J = 0,00035$; денудационный коэффициент $a = 2$. Средняя годовая мутность равна: $\Delta \text{ г/м}^3 = 0,00035 \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ г/м}^3$ или в килограммах на 1 м^3 :

$$\Delta \text{ кг/м}^3 = \frac{0,00035 \cdot 2 \cdot 1\,000\,000}{1\,000} = 0,70 \text{ кг/м}^3,$$

qFS_0 — объем среднего годового стока $= 45 \cdot 10^6 \text{ м}^3$;

$$\gamma_1 = 0,800 \text{ т/м}^3 \text{ наносов};$$

$$\gamma_2 = 1,600 \text{ т/м}^3 \text{ наносов};$$

$$\beta = 0,05^0/0.$$

$$\text{Выражение } \frac{1}{\gamma} + \frac{\beta}{\gamma_2} = \frac{1}{0,800} + \frac{0,05}{1,600} = 1,25 + 0,032 = 1,28.$$

$$\text{Отсюда } v = aJqFS \left(\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\beta}{\gamma_2} \right) = \frac{0,70 \cdot 45\,000\,000 \cdot 1,28}{1\,000} = 40\,500 \text{ м}^3.$$

Принимаем амортизационный срок службы водохранилищ в 65 лет. Объем наносов в водохранилище составит:

$$v_{\text{наносов}} = 65 \cdot 40\,500 = 2\,632\,500 \text{ м}^3.$$

Установив отметку мертвого объема в зависимости от условий заилиenia, необходимо в дальнейшем проверить, насколько принятая отметка будет обеспечивать командование магистрального канала над орошаемой площадью. Зная границы орошаемого массива, производят трассировку магистрального канала с возможно минимальным уклоном, при котором канал не будет заилиться.

Принимаем уклон канала $i = 0,0003$.

Длина магистрального канала $l = 5\,000 \text{ м}$.

Превышение горизонта воды в магистральном канале над поверхностью земли $\Delta h = 0,40$.

Отметка мертвого объема будет равна:

$$H' = 5\,000 \cdot 0,0003 + 0,40 + H = 1,5 + 0,40 + 47,80 = 49,7 \text{ м},$$

где H — отметка поверхности земли.

V. Емкость водохранилища при переменном водопостреблении. Пользуясь кривой распределения норм (рис. 164), находим значение модульного коэффициента, соответствующего $25^0/0$ обеспеченности:

$$m_n = 1,13.$$

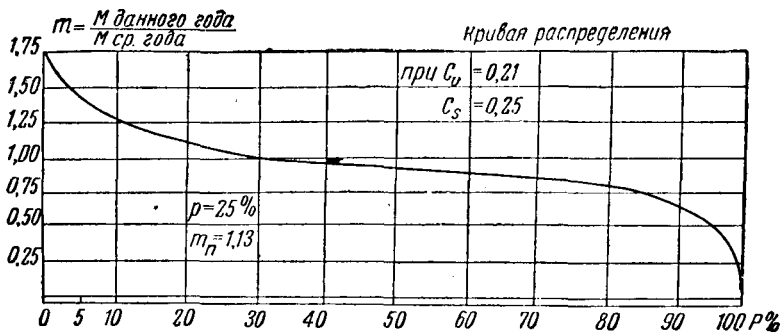


Рис. 164.

Остатки за n лет Δm_n определяем по формуле:

$$\Delta m_n = \alpha (1 - m_n') n.$$

В этой формуле $m_n' = m_n \frac{M_{\text{ср. года}}}{M_{\text{ср. сухого года}}} = 0,887 \cdot 1,13 = 1,0$.

Значение $C_v^m = 0,21$; $C_s^m = 0,25$.

Расчетные данные сводим в таблицу V.

Таблица V

n	V_n^-	C_v^m	C_s^m	m_n	m_n'	$\Delta m_n = \alpha ((1 - m_n') n)$					
						$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,6$	$\alpha = 0,7$	$\alpha = 0,8$	$\alpha = 0,9$	$\alpha = 0,95$
1	1	0,21	0,25	1,13	1,0	—	—	—	—	—	—
2	1,41	0,15	0,174	1,10	0,97	0,03	0,036	0,042	0,048	0,054	0,057
3	1,73	0,12	0,145	1,08	0,955	0,067	0,081	0,095	0,108	0,121	0,128
4	2	0,105	0,125	1,07	0,945	0,110	0,132	0,154	0,176	0,198	0,209

Суммарный дефицит стока за n лет и, следовательно, необходимая емкость многолетнего регулирования, выраженная в долях от среднего многолетнего стока, определяется по формуле:

$$z_{\text{мног}} = (\alpha - k^n) n - \alpha (1 - m_n') n.$$

Расчетные данные сводим в таблицу VI.

Таблица VI

№ по порядку	Периоды лет	$z_{\text{мног}} = n(\alpha - k^n) - \alpha(1 - m_n')n$					
		$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,6$	$\alpha = 0,7$	$\alpha = 0,8$	$\alpha = 0,9$	$\alpha = 0,95$
1	1						
2	2		+ 0,019	+ 0,119	+ 0,219	+ 0,319	0,369
3	3				+ 0,120	+ 0,334	0,431
4	4					+ 0,302	0,445
5	5					+ 0,234	0,423

Максимальные значения представляют дефициты стока за n лет, соответствующие емкости многолетнего регулирования.

Полная емкость водохранилища при различных коэффициентах зарегулирования приводится в таблице VII.

Таблица VII

Коэффициент зарегулирования	Рабочая емкость водохранилища						Мертвый объем в 10^6 м ³	Полная емкость в 10^6 м ³
	Многолетняя		Сезонная		Полная			
	В долях %	В 10^6 м ³	В долях %	В 10^6 м ³	В долях %	В 10^6 м ³		
0,5	—	—	0,485	21 825	—	—	2,6	24 425
0,6	0,019	0 855	0,582	26 190	0,601	27 045	2,6	29 645
0,7	0,119	5 355	0,679	30 555	0,798	35 910	2,6	38 510
0,8	0,219	9 855	0,776	34 920	0,995	44 775	2,6	47 375
0,9	0,334	15 100	0,873	39 285	1,207	54 385	2,6	56 985
0,95	0,445	20 000	0,922	41 490	1,367	61 500	2,6	64 100

Определение топографических характеристик — см. выше, стр. 366.

VI. Потери из водохранилища. Далее переходим к определению потерь воды из водохранилища. В качестве примера (см. таблицу VIII) приводится расчет потерь для одного из коэффициентов зарегулирования $\alpha = 0,80$. Порядок расчета изложен на стр. 367.

Таблица VIII

Работа водохранилища при коэффициенте зарегулирования $\alpha = 0,80$ (без учета потерь)

Год	Сезон	Приток за сезон	Приток с начала периода	Расход за сезон	Расход с начала периода	Убыль из водохранилища за сезон	Объем водохранилища к концу сезона	Примечание
		10^6 м ³	10^6 м ³	10^6 м ³	10^6 м ³	10^6 м ³	10^6 м ³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	V	0,78	0,78	11,56	11,56	10,78	47,38 **	Приток за 1-й год $45 \cdot 10^6$. $0,581 * = 26,15 \cdot 10^6$ м ³ Приток за 2-й год $45 \cdot 10^6 \cdot 0,80 = 36 \cdot 10^6$ м ³ . Расход из водохранилища за 1-й и 2-й год $45 \cdot 10^6 \cdot 0,80 = 36 \cdot 10^6$ м ³
—	VI	—	—	14,62	26,18	14,62	36,60	
—	VII	—	—	6,41	32,59	6,41	21,98	
—	VIII	—	—	3,42	36,01	3,42	15,57	
—	IX—III	1,05	1,83	—	36,01	-1,05	12,15	
1	IV	24,32	26,15	—	36,01	-24,32	13,20	
год	V	1,08	27,23	11,56	47,57	10,78	37,52	
—	VI	—	—	14,62	62,19	14,62	27,04	
—	VII	—	—	6,41	68,60	6,41	12,42	
—	VIII	—	—	3,42	72,02	3,42	6,01	
							2,59	

* 0,581 — модульный коэффициент k_n для $n = 1$ (см. таблицу III).

** $47,38 \cdot 10^6$ — полная емкость водохранилища при $\alpha = 0,80$ (см. таблицу VII).

Таблица IX

Потери из водохранилища на испарение и фильтрацию при коэффициенте зарегулирования $\alpha = 0,80$

Год	Сезон	Средний объем водохранилища	Среднее зеркало водохранилища	Слой потерь	Объем потерь	Объем потерь с начала периода	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
—	V	41,99	13,45	0,146	1,96	1,96	Процент потерь = $\frac{11\ 111\ 000}{72\ 020\ 000}$ = 15,4% Полезная отдача — 84,6%
—	VI	29,29	9,83	0,150	1,47	3,43	
—	VII	18,78	6,30	0,198	1,25	4,68	
—	VIII	13,86	4,66	0,178	0,83	5,51	
—	IX—III	12,68	4,10	0,341	1,40	6,91	
—	IV	25,36	8,80	0,087	0,77	7,68	
—	V	32,28	11,25	0,146	1,53	9,21	
—	VI	19,73	6,70	0,150	0,99	10,20	
—	VII	9,21	3,16	0,198	7,63	10,83	
—	VIII	4,30	1,57	0,178	0,28	11,11	

Установив объемы потерь для различных коэффициентов зарегулирования и зная оросительную норму для средне-сухого года, составляем следующую таблицу характеристики водохранилища при различных коэффициентах зарегулирования.

Таблица X

Характеристика водохранилища

Коэффициент зарегулирования	Расход за сезон	Потери на испарение и фильтрацию в год			Полезная отдача в год		Оросительная норма-брутто	Площадь орошения-нетто	Водохранилище		Процент потерь от полной емкости водохранилища
		Процент потерь от отдачи	Объем потерь	Процент потерь от среднего многолетнего стока	Полезная отдача в год	Процент полезной отдачи от среднего многолетнего стока			Полная емкость водохранилища	Отметка нормального подпораго горизонта воды	
—	10 м ³	—	10 м ³	—	10 м ³	—	в кубических метрах	в гектарах	10 м ³	в метрах	—
0,50	22,5	14,3	2,54	5,7	19,96	44,3	4 200	4 750	24 425	54,20	10,4
0,60	27,0	13,2	3,56	7,9	23,44	52,1	4 200	5 600	29 645	54,75	12,0
0,70	31,5	14,5	4,57	10,2	26,93	59,8	4 200	6 400	38 510	55,40	11,9
0,80	36,10	15,4	5,56	12,2	30,54	67,8	4 200	7 250	47 375	55,85	11,8
0,90	40,5	19,8	8,02	17,8	32,48	72,2	4 200	7 750	61 325	55,55	13,0
0,95	42,75	27,0	11,54	25,6	31,21	69,4	4 200	7 450	82,70	57,50	14,0

По данным таблицы X устанавливаем, что максимальная оросительная способность получается при коэффициенте зарегулирования $\alpha = 0,90$. Расчетный коэффициент зарегулирования устанавливают в результате анализа размеров плотины и водосбросных сооружений, учитывая при этом количество затапливаемых и подтапливаемых с. х. угодий и поселков. На основании совокупного анализа приведенных выше расчетных элементов и выбирается орошаемая площадь. Работа водохранилища при

$\alpha = 0,8$ представлена на черт. 165. После установления расчетом значения α производится проверка работы водохранилища за многолетний период. Данные сводятся в таблицу 8 (стр. 370).

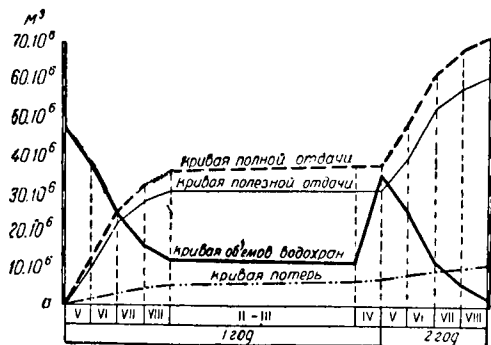


Рис. 165.

§ 114. Схема орошения из водохранилищ

Вода из водохранилищ для целей орошения может быть использована двумя способами: 1) для орошения склона долины ниже плотины путем вывода са-

мотечного канала; 2) для орошения склонов долины ниже и выше плотины путем механического орошения.

При использовании местного стока источниками питания являются реки степных равнин, имеющие весьма незначительные уклоны. Вследствие этого здесь приходится применять главным образом механическое орошение. При самотечном орошении для выпуска из водохранилища нужных количеств воды в оросительный канал в теле плотины или сбоку в склоне балки устраивается специальное выпускное сооружение, размеры которого должны быть рассчитаны на пропуск наибольшего расчетного расхода воды в канал при мертвом горизонте воды в водохранилище (случай предельно возможной работы водовыпуска).

Чаще всего эти водовыпуски устраиваются в виде труб, закладываемых или в теле плотины, или, что лучше, сбоку водохранилища на склоне реки в материковом грунте во избежание изменения положения трубы вследствие осадки насыпи и образования сквозных токов фильтрационной воды вдоль трубы, что крайне опасно для целостности плотины. Трубы могут быть деревянные, чугунные, бетонные и железобетонные. При больших напорах применяются чугунные и железобетонные трубы. Диаметр труб устанавливается расчетом, а их число — по эксплуатационным соображениям.

§ 115. Стоимость орошения на местном стоке и пути ее удешевления

Слабой стороной использования вод местного стока на орошение является: 1) сравнительно небольшие площади, которые могут быть охвачены этим орошением (на 1 га орошаемой площади надо иметь 10—30 га водосбора), и 2) сравнительно высокая стоимость устройства водохранилища, приходящаяся на каждый гектар орошения. Действительно,

капитальная стоимость водохранилища на единицу орошаемой площади составляет:

$$C = \frac{W_p \cdot a}{N \cdot \eta} = \frac{W_p \cdot a \cdot M_{\text{брутто}}}{N \cdot \eta};$$

где W_p — полная рабочая емкость водохранилища в кубических метрах;

a — стоимость тела плотины (со всеми устройствами в ней) на 1 м³ рабочей емкости водохранилища;

N — полная отдача водохранилища в год в кубических метрах;

η — коэффициент полезного использования воды из данного водохранилища;

$M_{\text{брутто}}$ — оросительная норма брутто на 1 га.

Стоимость водохранилища ложится на стоимость орошения 1 га тем сильнее, чем больше нормы орошения, чем меньше коэффициент полезного действия оросительной системы, чем больше стоимость тела плотины на 1 м³ рабочей емкости водохранилища, чем меньше годовая отдача водохранилища и чем ниже коэффициент использования воды.

Выводом из этого являются следующие требования для удешевления орошения: 1) возможное укрупнение размеров водохранилища и площади орошения, 2) повышение коэффициента полезного действия оросительной системы и понижение потерь воды из водохранилища и 3) целесообразно возможное снижение процента расчетной обеспеченности, так как чем он ниже, тем больше отдача водохранилища в год при той же рабочей емкости водохранилища и, следовательно, тем больше площадь орошения.

По данным схематических проектов, составленных Нижне-Волгопроектом, стоимость водохранилищ со всеми относящимися к ним сооружениями составляет от 45,3 до 80% полной стоимости орошения; при этом указанный процент понижается по мере увеличения площади орошения и снижения процента обеспеченности. Стоимость же ирригационной сети и прочих работ остается почти постоянной.

ГЛАВА XVIII ЛИМАННОЕ ОРОШЕНИЕ

§ 116. Общие сведения

Лиманное орошение представляет один из видов непосредственного использования вод местного стока на орошение.

При лиманном орошении поверхность земли, имеющая небольшой уклон к соседнему тальвегу (лучшие уклоны при этом виде орошения — 0,002—0,001 и меньше), окружаются с низовых своих сторон валами или дамбами. Они задерживают стекающие по этой поверхности весенние талые воды для затопления площади лимана.

Когда почва лимана достаточно увлажнится и вода отложит содержащийся в ней ил, излишнюю воду спускают из лимана через специально устроенные в дамбах водоспуски или через особые водообходы.

Лиманное орошение может осуществляться и путем доставления воды в лиманы из реки или водохранилища при помощи каналов, работающих в периоды половодий на реке. При лиманном орошении увлажнение почвы производится только один раз в году тальми весенними или паводковыми водами. Вследствие этого лиманное орошение, как однократная весен-

няя зарядка почвы влагой, может иметь значение лишь для некоторых культур и в определенных климатических условиях. Лиманы используются главным образом для орошения кормовых трав, лугов и сенокосов, реже лиманным способом орошаются полевые культуры.

Лиманное орошение является экстенсивным орошением в отличие от правильного орошения, при котором вода подается тогда, когда растение в этой воде больше всего нуждается. К достоинствам лиманного орошения относятся: 1) простота устройства и дешевизна по сравнению с правильным орошением; 2) доступность источника орошения и возможность орошения высокорасположенных и даже водораздельных пространств; 3) большое гидрологическое действие — использование стока, уменьшение паводков и усиление меженного питания рек; 4) содействие уменьшению размывов почвы и предотвращение роста оврагов.

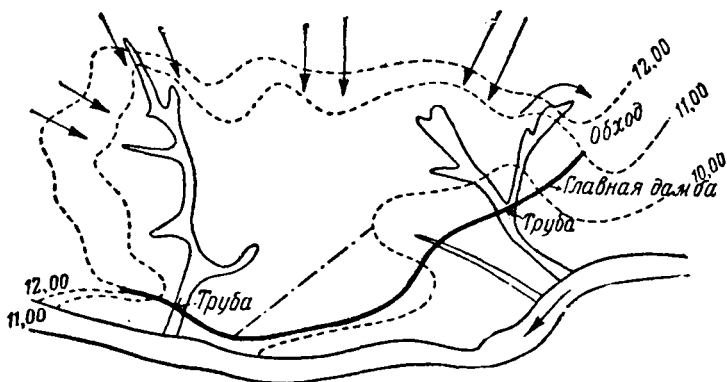


Рис. 166.

Недостатки лиманного орошения:

1) увлажнение почвы возможно только один раз — весной;
 2) увлажнение почвы по площади лимана весьма неравномерно: вверху и на повышенных местах замечается недостаток влаги, внизу же лимана и в низинах наблюдается обратное явление — избыток влаги и вымочки;

3) вследствие неравномерного стояния воды в лимане возможно засоление почв, богатых растворимыми солями, на всех повышениях рельефа, а на понижениях возможно заболачивание. Однако иногда отмечали, в случаи благоприятного влияния лиманного орошения на засоленных землях в смысле их рассоления (при глубоком залегании грунтовых вод и при проницаемых подпочвенных горизонтах). При близком стоянии от поверхности грунтовые воды после устройства лиманного орошения могут быстро подниматься, если только при орошении не будут учитываться свойства почв и фильтрационная способность подпочвенных горизонтов.

Все виды лиманного орошения по способу получения воды можно разделить на три категории: 1) лиманы, наполняющиеся снеговой водой, 2) лиманы, наполняющиеся из водохранилищ, и 3) лиманы, устраиваемые в естественных поймах.

1. Лиманы, наполняющиеся непосредственно талой снеговой водой, стекающей с вышележащего водосбора. Это так называемые лиманы непосредственного наполнения. Эта категория лиманов в свою очередь разделяется на четыре типа.

1. Лиманы продольные, у которых главная дамба расположена параллельно оси тальвега, т. е. вдоль одного из берегов оврага, речки, балки (рис. 166).

2. Лиманы поперечные, у которых главные дамбы расположены пер-

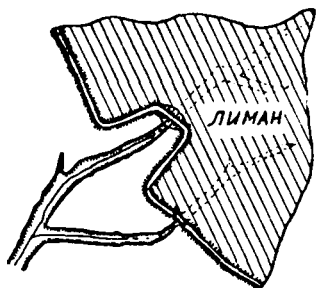


Рис. 167.

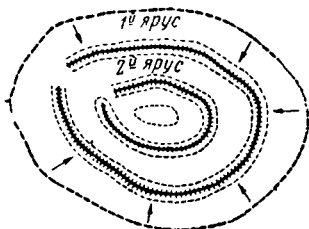


Рис. 168.

пендикулярно оси тальвега, т. е. пересекают плоскую часть долины поперек; тальвег пересекается более высокой насыпью (рис. 167).

3. Смешанные лиманы, когда часть площади имеет поперечные дамбы, а часть — продольные дамбы.

4. Лиманы, устраиваемые в замкнутых естественных пологих понижениях рельефа — западинах степи; такие лиманы обычно имеют кольцевую форму. Система кольцеобразно расположенных дамб (рис. 168)

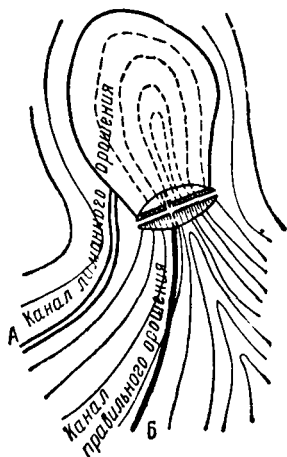


Рис. 169.

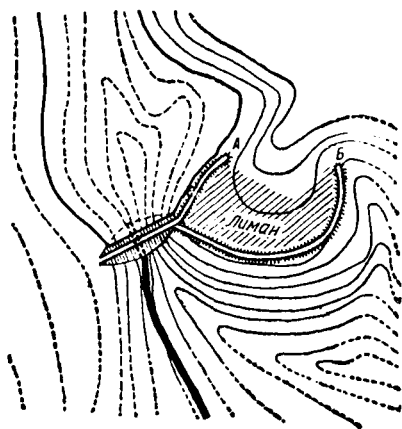


Рис. 170.

распределяет стекающие в котловину весенние воды более или менее равномерно по пологим склонам низины, образуя обширные затопляемые площади, причем затопление идет сверху вниз; в этом случае при недостатке стока без воды остаются пониженные места.

11. Лиманы, наполняющиеся водой из водохранилищ при помощи особого водоспускного канала или через водообход (рис. 169 и 170). В этом случае полая вода из водохранилища частично или полностью

сбрасывается на обвалованный участок особым каналом (рис. 169) или через водообход. Такое устройство применяется в тех случаях, когда удобная для лиманного орошения площадь расположена высоко над дном тальвега.

Этот способ выгоден в том отношении, что позволяет частично использовать избыточную весеннюю воду, которая иначе пропадает бесполезно, сбрасываясь через водослив при плотине. Кроме того, при этом иногда может быть значительно снижена стоимость водосбросных сооружений водохранилищ.

В этом случае вода, запасенная в водохранилище, идет на правильное орошение, а вода, подлежащая сбросу, идет на заполнение лиманов. Следовательно, этот метод является комбинированным способом правильного и лиманного орошения из водохранилища. Этот способ возможен, однако, не при всех топографических условиях; кроме того, в маловодные годы лиманы могут быть не обеспечены водой, которая целиком пойдет на наполнение водохранилища.

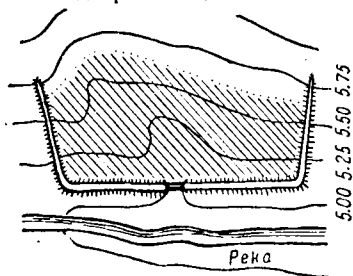


Рис. 171.

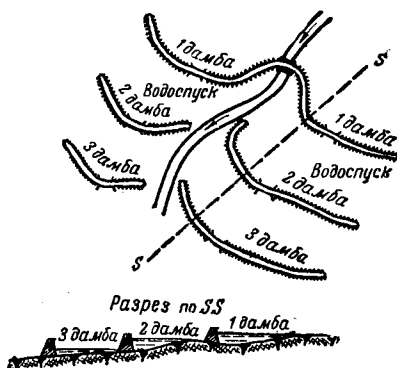


Рис. 172.

III. Лиманы, устраиваемые в естественных поймах. Третью категорию лиманов представляют лиманы, устраиваемые в естественных поймах, огражденных невысокими дамбами. При этом во многих местах эти дамбы могут быть заменены дюнами, которые для этого соответственно повышаются и укрепляются.

Лиманы этой категории в свою очередь могут быть осуществлены в двух видах: 1) в виде простых и 2) в виде ярусных лиманов.

1) Простые лиманы представляют собой площадь, затопляемую водой с помощью только одной дамбы (рис. 171).

2) Ярусные дамбы образуются целой серией дамб, разделяющих всю орошаемую площадь на ряд лиманов, расположенных один выше другого, причем вода последовательно переходит из вышележащего в следующий, нижележащий лиман.

Ярусные лиманы:

позволяют получить экономию воды, так как в этом случае одной и той же водой можно орошать большую площадь, перепуская воду из одного яруса в другой;

легко могут быть приспособлены к разнообразным условиям рельефа. Они могут применяться при более крутых уклонах местности — от 0,002 до 0,005.

Ярусные лиманы в свою очередь разделяются на два главных типа:

а) Ярусные лиманы глубокого наполнения и больших размеров,

имеющие значительную глубину затопления; вода перепускается из одного яруса в другой помощью особых водоспусков в дамбах (рис. 172).

Эти лиманы делаются с таким расчетом, чтобы разность уровней воды в двух соседних лиманах составляла 0,5—1 м. Высший слой затопления составляет от 0,8 до 2 м.

б) Ярусные лиманы мелкого наполнения и небольших размеров с автоматическим перепуском воды из одного лимана в другой (рис. 173). Эти лиманы при очень пологом рельефе отличаются низкими дамбами, имеющими высоту 0,4—0,6 м и проводимыми по горизонталям. Наполнение отдельных ярусов лимана производится через водообходы по концам валов, через которые сбрасывается излишняя вода.

Разница отметок гребней дамб обычно делается равной средней глубине затопления.

Ярусные лиманы мелкого наполнения сравнительно с типом глубоких лиманов характеризуются более равномерным увлажнением почвы; они не требуют устройства искусственных водоспусков, потребляют меньше воды. Недостатками их являются: большая сложность разбивки валов, увеличение объема валов на единицу орошаемой площади и, главное, большие затруднения, которые встречает механизированная обработка при этом типе лиманов.

Все ярусные лиманы имеют общий недостаток, состоящий в том, что качество воды по мере перехода от верхнего яруса к нижним постепенно ухудшается: вода теряет питательные взвешенные частицы и обогащается растворимыми солями, вредными для растений; этот общий недостаток особенно проявляется у ярусных лиманов глубокого наполнения.

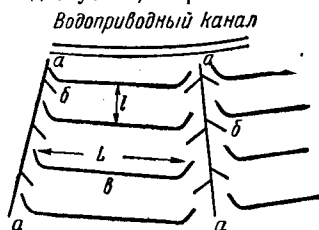


Рис. 173.

§ 117. Расчет лиманного орошения

Расчет лиманного орошения охватывает следующие вопросы:

- 1) определение водосборной площади лиманов;
- 2) установление величины стока весенних вод в разные годы и продолжительности паводка по годам;
- 3) определение свойств почвы на площади будущих лиманов и нормы лиманного орошения;
- 4) установление зависимости, типа, числа и размера лиманов от условий рельефа, почвы и величины нормы орошения, а также зависимости емкости лиманов от глубины их затопления;
- 5) построение кривых водного баланса лимана для характерных по влажности лет; установление возможных площадей орошения для различных (по количеству осадков) лет и установление количества сбросных вод;
- 6) определение пропускной способности и размеров водосбросных и водоспускных сооружений в дамбах.

Водосборная площадь может быть установлена по имеющимся для данной местности возможно более подробным картам или непосредственно съемкой.

Величина нормы стока с водосборных площадей лиманов и ее изменчивость по годам устанавливаются одним из способов, указанных в главе XVII.

Установление средней глубины затопления лиманов и нормы лиманного орошения может быть сделано следующим образом. Объем воды на гектар, какой должен впитаться в почву лимана, равен:

$$M = 10\,000 \text{ Нл} \cdot \frac{(\beta - \rho) A}{100} = 100 (\beta - \rho) \text{ НлА м}^3/\text{га}.$$

Здесь H (в метрах) — глубина активного слоя почвы;
 n — показатель степени, который зависит от свойств почвы; в ряде случаев он оказался равным от 1,1 до 1,3;

A — полная влагоемкость почвы в процентах;

$(\beta - \rho)A$ — скважность почвы, которая должна быть заполнена водой в результате затопления; при этом ρ — процент наличной к началу полива влажности почвы лимана, а β — процент полевой предельной влагоемкости этой почвы в слое H (величины ρ и β выражены десятичной дробью от полной скважности почвы).

Объем воды, который должен впитаться на гектар, эквивалентен слою воды:

$$h = 0,01 (\beta - \rho) \cdot H \cdot A \text{ м}.$$

Это и есть норма лиманного орошения.

Предельная потенциальная влагоемкость почвы может быть принята равной $\beta_{\text{макс}} = 0,90$.

Глубина активного слоя почвы H зависит от рода почв и от тех культур, под которые предположено использовать лиман. Как показывают наблюдения, фактически увлажнение почвы лиманов происходит на глубину 0,6—1,7 м.

Если принять расчетные $(\beta - \rho) = 0,7$ и глубину увлажняемого слоя почвы лимана $H = 1,5$ м, то норма лиманного орошения должна быть равна:

$$h = 0,0105A \text{ м},$$

где A — скважность данной почвы в процентах.

При $A = 50\%$ $h = 0,525$ м.

Обычная глубина затопления лиманов соответствует среднему слою от 0,5 до 1 м, т. е. количеству воды до 10 000 м³ на 1 га, не считая поглощения во время наполнения лимана, что превышает требуемую норму увлажнения, и поэтому остающаяся при этом типе лиманов вода должна сбрасываться из лимана.

Вследствие этого глубокие лиманы и должны быть ярусными, иначе они требуют в 2—3 раза более воды, чем это нужно для увлажнения почвы и в результате чего может наблюдаться заболачивание площади лиманов.

Увеличивать глубину лиманов приходится вследствие неровностей рельефа, при больших их размерах. Поэтому, чтобы сообразовать глубину затопления лиманов с нормой их затопления, необходимо давать лиманам соответствующие размеры.

Чтобы создать нужную среднюю величину затопления лимана при данных условиях рельефа, длина лимана по уклону местности должна быть равна:

$$l = \frac{h - h_1}{J},$$

где J — средний уклон местности по скату лимана;

h — слой затопления у низового вала в метрах;

h_1 — то же у верхнего вала.

Величина h_1 обычно равна от 0,1 до 0,2 м.

Определив норму лиманного орошения, надо установить водный баланс лимана. Это может быть сделано (по А. Н. Костякову) следующим образом. Положим, что график стока талых вод (рис. 174) с водоразборной площади данного лимана в течение периода таяния T_0 выражается трапецией с наибольшей ординатой Q .

Суммарная кривая, отвечающая этому графику притока, выражается кривой OAB ; она дает объемы талых вод, стекших с водосбора в лиман. Положим далее, что нормальный объем наполнения лимана равен V м³. Этот объем определяется по кривой зависимости емкости лимана от глубины его наполнения и должен отвечать двум основным требованиям:

а) средняя глубина затопления лимана при этом V должна соответствовать нужной норме орошения и

б) глубина затопления должна быть такова, чтобы были покрыты на нужную глубину все неровности рельефа площади лимана, требующие орошения.

Прямая линия, отвечающая этому объему V , пересечет суммарную кривую OAB в точке A , что определит таким образом на оси времен OF отрезок t_1 , отвечающий продолжительности наполнения данного лимана водой до его нормальной емкости.

За время наполнения лимана t_1 часть воды пойдет на поглощение в почву лимана, на испарение с водной поверхности и фильтрацию через дамбы лимана. Объем воды, пошедшей на это, будет эквивалентом среднему слою:

$$a = t_1(K + e + \delta),$$

где K — коэффициент поглощения воды почвой лимана;

e — коэффициент испарения;

δ — коэффициент потерь через дамбы.

Далее сток талых вод с водосбора будет продолжаться, но вода уже не вместится (в его нормальную емкость) и будет сбрасываться за пределы лимана. Этот сброс будет продолжаться в течение времени $t_2 = T_0 - t_1$ и может происходить: или через водоспуски в дамбах лимана в нижних его частях и, следовательно, проходя через лиман, или же через водообходы, устроенные у верхних концов лимана, и, следовательно, не проходя через лиман.

В первом случае лиман в течение времени t_2 будет оставаться наполненным слоем воды h_{cp} , причем часть стекающих вод в количестве, эквивалентном среднему слою $t_2(K + e + \delta)$, пойдет на поглощение в почву и потери. В этом случае водный баланс лимана к моменту окончания стока талых вод сложится таким образом: объем воды $b = (K + e + \delta) \cdot (t_1 + t_2)$ пойдет на поглощение в почву лимана и потери; объем воды, эквивалентный среднему слою затопления h_{cp} , будет находиться на поверхности лимана, и, наконец, объем VCA (см. рис. 174) будет сброшен через водоспуск в балку или нижележащие лиманы. Далее необходимо будет сбросить остающийся в лимане объем воды, соответствующий среднему слою h_{cp} , причем этот сброс должен продолжаться в течение такого времени t_3 , чтобы из него в почву лимана успело поступить все недостающее до требуемой нормы количество воды, т. е. чтобы

$$t_3(K + e + \delta) = \frac{h}{\eta} - (K + e + \delta)(t_1 + t_2),$$

где η — коэффициент полезного использования воды при лиманном орошении, равный

$$\eta = \frac{K}{K + e + \delta};$$

$h = K(t_1 + t_2 + t_3)$ есть норма лиманного орошения (нетто), определяемая согласно вышеизложенному.

Из этого условия нетрудно определить продолжительность времени опораживания лимана t_3 . На графике она определяется таким образом: если прямая OD выражает собою объемы воды, пошедшие в разные моменты времени на поглощение в почву и потери, то ордината этой линии, равная

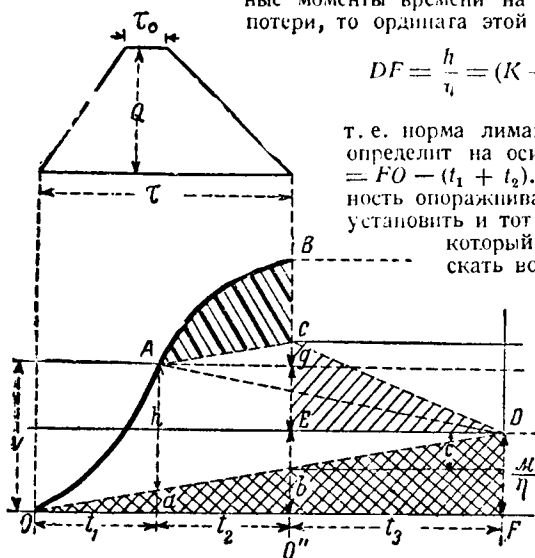
$$DF = \frac{h}{\eta} = (K + e + \delta)(t_1 + t_2 + t_3),$$

т. е. норма лиманного орошения-брутто определит на оси абсцисс отрезок $t_3 = FO - (t_1 + t_2)$. Зная продолжительность опораживания лимана, нетрудно установить и тот средний расход воды, который при этом должен пропускать водоспуск лимана: именно он эквивалентен слою в единицу времени:

$$\begin{aligned} h_{cp} - t_3(K + e + \delta) &= \\ &= \frac{h_{cp}}{t_3} - (K + e + \delta). \end{aligned}$$

На рисунке этот средний расход выражается тангенсом угла наклона линии CD , равным $\frac{CE}{DE}$.

Во втором случае, т. е. когда сброс избыточных после наполнения лимана талых вод происходит изолированно от






-  Поглощение в почву плюс потери.
-  Сбрасываемые избыточные талые воды.
-  Опораживаемый объем воды.

Рис. 174.

лимана, общая продолжительность наполнения, стекания воды и опораживания лимана останется той же самой ($t_1 + t_2 + t_3$) и определится тем же путем, если только норма орошения остается одной и той же. Разница с первым случаем будет заключаться:

а) в том, что количество избыточных талых вод, сбрасываемых за пределы лимана, будет не BC , а больше, именно Bg , причем $Cg = t_2(K + e + \delta)$, так как в этом случае поглощение в почву и потери воды в течение периода t_2 будут происходить уже из основного объема лимана, а не за счет протекающих через лиман сбросных вод, и

б) в том, что опораживание лимана может начаться сейчас же после наполнения его, т. е. с момента t_1 , но будет идти более медленно, т. е. средним расходом, отвечающим тангенсу угла наклона линии AD .

Из приведенных соотношений видно, что избытки воды в лиманах (после их наполнения до нормальной емкости) и, следовательно, необ-

* Строго говоря, это не есть прямая линия, так как интенсивность потерь во времени меняется.

ходимость опоражнивания в балку или нижние ярусы будут только в том случае, если

- 1) $h_{cp} > t_3(K + e + \delta)$ — при сбросе талых вод через лиман;
- 2) $h_{cp} > (t_2 + t_3)(K + e + \delta)$ — при сбросе талых вод через водообходы.

Количество воды, подлежащее опоражниванию, будет эквивалентно разнице этих величин. Если поверхность лимана достаточно ровная и размеры лимана установлены правильно, то можно сделать среднюю глубину затопления h_{cp} строго отвечающей норме орошения, а именно:

$$h_{cp} = \frac{h - K(t_1 + t_2)}{\eta} \text{ при первом типе сбросов;}$$

$$h_{cp} = \frac{h - Kt_1}{\eta} \text{ при втором типе сбросов.}$$

Так как продолжительность затопления лиманов водой обуславливается впитыванием в почву нужного по норме количества воды, то, кроме нормы, она очень сильно зависит от степени проницаемости почвы (K). Здесь очень сильное влияние оказывает степень оттаивания и промерзания почвы к началу наполнения лиманов.

Если почва лимана к началу затопления является замерзшей или покрыта ледяной коркой, то за время наполнения лимана и стояния воды в нем, пока почва не оттает, впитывание воды должно происходить в мерзлую почву, т. е. при очень пониженном (против обычного для данной почвы) коэффициенте проницаемости. В этом случае продолжительность стояния воды в лимане будет слагаться из двух частей:

1) времени t_0 — времени оттаивания почвы, находящейся под средним слоем воды h_{cp} ; это время зависит от глубины промерзания почвы, толщины слоя воды, температуры воды и воздуха;

2) времени впитывания воды в оттаявшую почву,

Полная продолжительность будет равна

$$\frac{h}{K} + t_0 \left(1 - \frac{K_1}{K}\right);$$

где K_1 — коэффициент проницаемости (для мерзлой почвы).

Как видим, затопление мерзлой почвы значительно удлиняет продолжительность затопления лиманов.

Продолжительность затопления лиманов, в зависимости от вышеуказанных факторов, колеблется от 5 до 20 дней.

Слой воды, расходующийся в сутки во время наполнения и стояния воды в лиманах (на поглощение в почву и потери), составляет от 0,01 до 0,10 м в зависимости от свойств почвы, степени промерзания, сухости ее к моменту затопления и др. По наблюдениям проф. Б. А. Шумакова, количество воды, впитываемое почвой за время наполнения лиманов, близко или даже больше количества воды, потребного на самое затопление лимана.

Исследование водного баланса лиманов должно быть сделано для годов разной многоводности.

В качестве расчетного стока для установления площади лиманного орошения должен быть принят сток такой обеспеченности, при которой получается наибольшая суммарная народнохозяйственная эффективность этого орошения за рассматриваемый период лет.

Определив суммарный весенний сток каждого года S и длину периода таяния для этого года T_0 (на основании анализа температур), можно

построить график стока талых вод в виде треугольника или трапеции, наибольшая ордината которых будет равна:

для треугольника

$$Q = \frac{2S}{T_0};$$

для трапеции:

$$Q = \frac{nS}{T_0};$$

где $n = 1,5-1,7$;

ГЛАВА XIX

ЗОНЫ КАЧАНИЯ ПРИ МАШИННОМ ОРОШЕНИИ

§ 118. Установление числа зон качания

Правильное решение задачи машинного орошения связано с установлением числа зон качания на орошаемом массиве.

Особо важное значение это приобретает для районов, где имеет место недостаток энергии и где вопросы энергетики заставляют искать такой

схемы питания орошаемого массива, при которой будем иметь минимальное количество потребляемой энергии.

Мощность насосных станций уменьшается по мере увеличения числа зон качания, и наоборот; поэтому задача проектирования заключается в том, чтобы найти такое сочетание в расположении каналов и насосных станций, при котором строительные и эксплуатационные

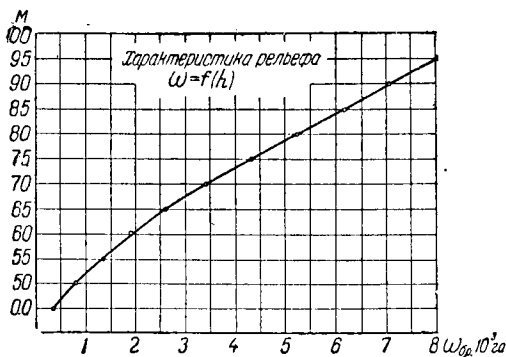


Рис. 175.

расходы по водоподъемным узлам — насосным станциям и магистральным каналам — будут минимальными. Схема установления числа зон качания может быть сведена к следующему.

1. По наиболее характерному участку орошаемого массива нормально к горизонталям и в створе берегов го узла проводится средняя линия. По полученным отметкам строится кривая (рис. 175), характеризующая рельеф: $\omega = f(h)$, где ω — площадь между горизонталями, h — превышение между горизонталями.

2. Через отдельные точки этой линии по карте в масштабе 1 : 50 000 трассируются зональные каналы с экономически наиболее выгодным уклоном.

3. По каждому из зональных каналов устанавливаются площади командования Ω , расчетные расходы Q , как произведение q максимальной ординаты графика гидро модуля в секундолитрах на 1 га, на площадь командования-нетто.

4. Общепринятыми методами определяются потери, отнесенные

Графа 3. q — расчетная максимальная ордината — принимается по графику гидромодуля. В том случае, если станция работает не 24 часа, а меньше, то значение q соответственно увеличивается.

Графа 4. Q — расчетный расход в кубических метрах в секунду — устанавливается как произведение $q_{\text{макс}} \cdot \omega$.

Графа 5. Значение коэффициента полезного действия устанавливается по отдельным участкам канала, а также в целом для системы зонального канала и относится к голове водоподъемного узла. В том случае, если между отдельными зонами проектируется магистральный канал, то потери в этом канале прибавляются к расходам нижеследующих зон.

Графа 6. $Q_{\text{брутто}}$ определяется как частное от деления $Q_{\text{нетто}}$ на коэффициент полезного действия системы.

Графа 7. Высота качания $H_{\text{геод}}$ принимается как разность отметок между отдельными зонами.

Графа 8. В первом приближении $H_{\text{ман}} = H_{\text{геод}} + H_{\text{потери}}$. Гидравлические потери в трубопроводе определяются по существующим формулам (например, Маннинга, Скобеля и др.).

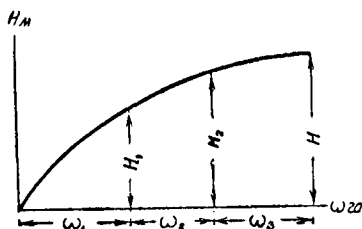


Рис. 176.

Графы 10—14. Стоимость 1 квт установленной мощности насосной станции, эксплуатационные расходы по насосным станциям, стоимость 1 м³ земляных работ и сооружений по каналам и трубопроводам принимаются по укрупненным измерителям. Эксплуатационные расходы слагаются из расходов на амортизацию, ремонт сооружений, содержание эксплуатационного штата и др.

Таким образом, в результате расчетов будем иметь ряд показателей, характеризующих как капиталовложения, так и эксплуатационные расходы для каждой зоны.

Технико-экономический анализ составляющих элементов позволяет выбрать наиболее рациональную схему расположения зональных станций.

Примечание. Стоимость 1 квт установленной мощности принимается дифференцированной, в зависимости от мощности станции и числа зон качания, объем земляных работ по каналам старшего порядка может быть установлен по формуле $W = 4,5Q^{1/3} \cdot L$, где Q — расход, L — длина канала в метрах.

Аналитический метод установления числа зон качания (проф. Г. П. Войнич-Сяноженцкого). Если обозначить через H максимальную высоту качания, а через H_1, H_2 — геодезические высоты качания отдельных зон (см. рис. 176), то соответствующая мощность станции при трех зонах качания выразится:

$$N = k(\omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H) = k\{\omega H - [(\omega_1 + \omega_2)(H - H_2) + \omega_1(H_2 - H_1)]\},$$

и при двух зонах качания:

$$N = \{\omega H - [\omega_1(H - H_1)]\};$$

где $k = \frac{Q_1}{75q}$;

Результативные данные сведены в таблицу.

Отметки горизонталей	Площади орошения между горизонталями	$H_1 = 100$ м		$H_2 = 95$ м		$H_3 = 90$ м		$H_4 = 85$ м	
		$(100 - H_1)$ ω	$(95 - H_1)$ ω'	Σ	$(90 - H_1)$ ω''	Σ	$(85 - H_1)$ ω'''	Σ	
100	8 000	0,00							
95	7 050	35 250	0,00	35 250					
90	6 170	61 700	30 850	66 100	0,00	61 700			
85	5 260	79 000	52 600	87 850	26 300			0,00	79 000
80	4 360	87 200	65 500	100 750	43 600			21 800	
75	3 420	85 500	68 500	103 750	51 300			34 200	
70	2 615	78 500	65 400	100 650	52 300	114 000		39 200	118 200
65	1 915	67 000	57 500	92 750	47 900			38 300	
60	1 375	55 000	48 100	83 350	41 300			34 375	
55	805	36 200	32 200	67 450	28 200			24 150	

Отметки горизонталей	Площади орошения между горизонталями	$H_2 = 80$ м		$H_2 = 75$ м		$H_2 = 70$ м	
		$(80 - H_1)$ ω''	Σ	$(75 - H_1)$ ω'''	Σ	$(70 - H_1)$ ω''''	Σ
100	8 000						
95	7 050						
90	6 170						
85	5 260						
80	4 360	0,00	87 200				
75	3 420	17 000		0,00	85 500		
70	2 615	26 150		13 075			78 500
65	1 915	28 725	115 925	19 150		0,00	
60	1 375	27 500		20 625	106 125	9 575	
55	805	20 125		16 100		13 750	92 250
						12 100	

Максимальное значение выражения, заключенного в скобках, будет соответствовать отметке $H_1 = 70$ м при $H_2 = 85$ м, т. е. зональные станции должны быть запроектированы на отметках 70 и 85 м. Береговая насосная станция по условиям водозабора проектируется на отметке 65 м.

ГЛАВА XX

МЕХАНИЗАЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ИРРИГАЦИОННОЙ СЕТИ

§ 119. Значение механизации земляных работ

Основным видом строительных работ при устройстве ирригационной сети являются земляные работы. Примерные соотношения стоимостей работ на ирригационных строительствах приведены в следующей таблице.