

Результативные данные сведены в таблицу.

Отметки горизонталей	Площади орошения между горизонтальями	$H_2 = 100$ м		$H_2 = 95$ м		$H_2 = 90$ м		$H_2 = 85$ м	
		$(100 - H_1)$ м <sup>2</sup>		$(95 - H_1)$ м <sup>2</sup>	Σ	$(90 - H_1)$ м <sup>2</sup>		$(85 - H_1)$ м <sup>2</sup>	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			79 000
80	4 360	87 200		65 500	100 750	43 600			
75	3 420	85 500		68 500	103 750	51 300			
70	2 615	78 500		65 400	100 650	52 300	114 000		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 горизонтальями	$H_2 = 80$ м		$H_2 = 75$ м		$H_2 = 70$ м	
		$(80 - H_1)$ м <sup>2</sup>	Σ	$(75 - H_1)$ м <sup>2</sup>	Σ	$(70 - H_1)$ м <sup>2</sup>	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		0,00	78 500
65	1 915	28 725	115 925	19 150		9 575	
60	1 375	27 500		20 625	106 125	13 750	92 250
55	805	20 125		16 100		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.

## Соотношения стоимости различных работ на ирригационном строительстве

Наименование вида работы	Удельный вес стоимости в процентах
Устройство каналов . . . . .	45
Возведение гидротехнических сооружений . . . . .	30
Возведение вспомогательных сооружений . . . . .	10
Прочие расходы . . . . .	15

Объем земляных работ при устройстве сети на мелких ирригационных системах выражается в 100—200 м<sup>3</sup> на 1 га орошаемой площади и на крупных системах — 200—250 м<sup>3</sup>.

Кроме устройства каналов, многие другие работы в орошаемом хозяйстве представляют собой земляные работы или сопровождаются ими. Планировка площадей заключается исключительно в земляных работах.

Сооружение головного узла всюду сопровождается производством земляных работ, а при сооружении земляных плотин они являются ведущим видом работ.

По отчетным данным, на строительствах в Средней Азии расходуется до 100 человекодней на 1 га на земляных работах при сооружении каналов вручную и около 4 человекодней на прочие виды работ. При механизации работ количество потребных рабочих на земляных работах падает. Например, на строительстве в Самгори израсходовано 19,56 и на Покровской рисовой системе 18,75 человекодня на 1 га.

В следующей таблице приводится выработка одного человека при насыпке дамб распределителя вручную и механизированными способами:

### Выработка одного рабочего при насыпке дамб вручную и механизированными способами

Способ выполнения работ	Норма выработки в кубометрах за 1 час работы		Количество человек в звене	Выработка одного человека в кубометрах за 1 час		Повышение производительности труда относительно работы вручную	
	песчаный грунт	глинистый грунт		песчаный	глинистый	песчаный	глинистый
Возка грунта тачками вручную . . . . .	1,25	1,05	1	1,25	1,05	1	1
Ползунковые скреперы емкостью 0,36 м <sup>3</sup> при тяге трактором СТЗ 15/30 . . . . .	14	12	1	14	12	11,2	11,4
Колесные скреперы емкостью 0,75 м <sup>3</sup> при тяге трактором ЧТЗ (4 скрепера в поезде) . . . . .	56	50	3	18,66	16,66	14,9	15,8
Экскаватор-драглайн с ковшом емкостью 0,50 м <sup>3</sup> . . . . .	40	32	4	10	8	8	7,6
Грейдер-элеватор с лентой, получающей движение от заднего колеса при тяге трактором ЧТЗ . . . . .	150	100	3	50	33,3	40,0	31,7
Грейдер-элеватор с лентой, получающей движение от специального мотора . . . . .	250	175	3	83,3	58,3	66,7	55,5

Развитие стахановского движения на строительстве, применение скоростных способов работ, применение более совершенных машин повышают производительность труда при механизированных способах производства земляных работ.

Ниже дается характеристика экскаваторов и прицепных машин, применяющихся на ирригационных работах при постройке сети, приводятся производительности и описываются способы производства земляных работ этими машинами.

## А. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМЛЕКОПНЫХ МАШИН И ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

### § 120. Характеристика одноковшовых экскаваторов

Рабочее оборудование (рис. 177):

а) ковш на рукояти — прямая лопата (механическая лопата), обратная лопата (дitchер, канавокопатель), струг (скиммер);

б) ковш на тросах — драгляйн (канатно-ковшовый со скребковым ковшом), грейфер.

Одноковшовые универсальные экскаваторы со сменным рабочим оборудованием, кроме указанного оборудования, снабжаются краном для перегрузочных работ, копром, скребком, засыпателем и корчевателем пней. Универсальными экскаваторами являются экскаваторы с ковшами от 0,25 до 0,75 м<sup>3</sup> (включительно).

Силовые установки: а) двигатели внутреннего сгорания, б) паровые и в) электрические.

Ходовое оборудование — гусеничное. С 1938 г. изготавливаются экскаваторы на автомобильном ходу и приступлено к изготовлению шагающих экскаваторов. Экскаваторы на железнодорожном ходу при сооружении каналов не применяются.

О пловучих экскаваторах на понтоне см. в разделе «Осушение» этого тома справочника.

*Основные показатели одноковшовых шагающих экскаваторов с двигателем внутреннего сгорания, намеченных к освоению промышленностью Союза*

М о д е л ь	ДШ-0,75	ДШ-1,5
На и м е н о в а н и е	Шагающий с ковшом емкостью 0,75 м <sup>3</sup>	Шагающий с ковшом емкостью 1,5 м <sup>3</sup>
Емкость ковша драгляйн (в куб. метрах) . . . . .	0,75; 0,5	1,5; 1,0
Длина стрелы драгляйна (в метрах) . . . . .	11; 13; 15	16—20
Скорость передвижения (в километрах в 1 час.) . . . . .	0,5	0,386
Максимальный угол подъема пути (в градусах) . . . . .	15	12
Максимальное давление на грунт (в килограммах на 1 см <sup>2</sup> ) . . . . .	0,32—0,725	0,33—0,78
Тип двигателя . . . . .	ЧТЗ-65	—
Конструктивный вес (в тоннах) . . . . .	26,8	59,3

Примечание. Шагающие экскаваторы осваиваются Костромским заводом «Рабочий металлист».

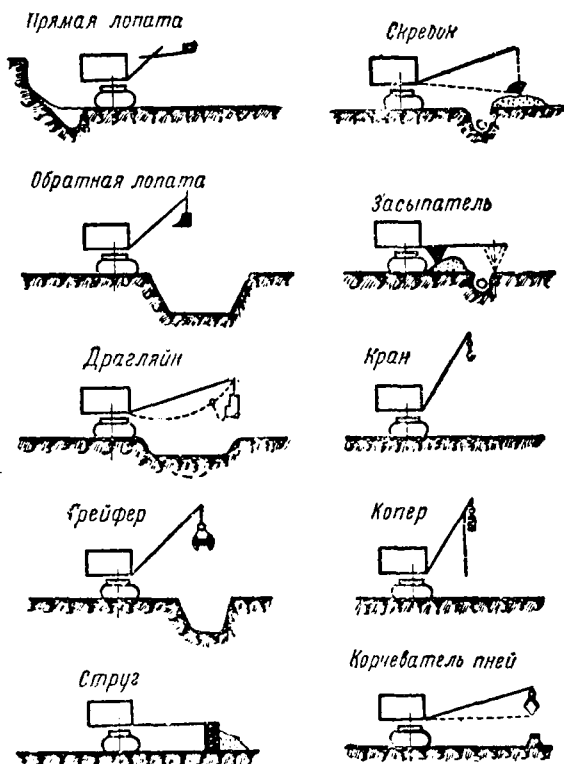
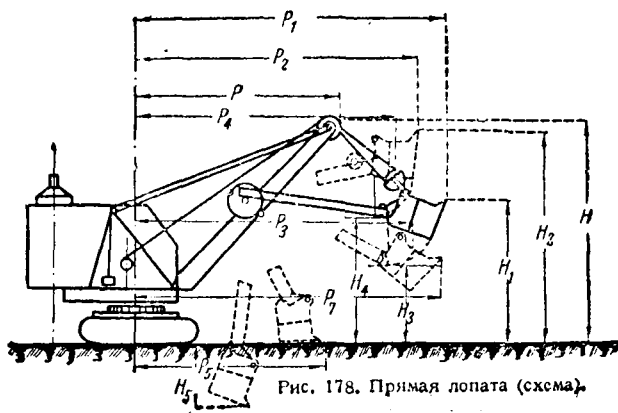


Рис. 177. Рабочее оборудование одноковшовых экс



Основные показатели одноковшовых экскаваторов с двигателем внутрен

№№ по пор.	Модель	Д-0,25		ТР-0,25
		Наименование	Полноповоротный на гусеничном ходу с ковшом емкостью 0,25 м <sup>3</sup>	На автомобиле ЯГ-6
	1	2	3	4
1	Емкость ковша прямой лопаты (в куб. метрах) . . .	0,25	0,25	0,25
2	Емкость ковша обратной лопаты (в куб. метрах) . .	0,25	0,25	0,25
3	Емкость ковша драглайна (в куб. метрах) . . . . .	0,25	0,25	0,25
4	Емкость ковша грейфера (в куб. метрах) . . . . .	0,25	0,25	0,25
5	Емкость ковша струга (в куб. метрах) . . . . .	0,25	0,25	0,25
6	Радиус действия скребка (в метрах) . . . . .	9,8; 11,5; 13,2	9,8; 11,55; 13,28	9,9; 11,62; 13,35
7	Радиус действия засыпателя (в метрах) . . . . .	5,66	5,91	5,97
8	Грузоподъемность крана (в тоннах) . . . . .	1,3; 1; 0,78	1,48; 1,17; 0,95	1,8; 1,43; 1,16
9	Вес бабы копра (в тоннах) .	0,4	0,4	0,4
10	Радиус действия корчевателя (в метрах) . . . . .	5,96; 7,24; 8,22	5,96; 7,24; 8,22	6,0; 7,3; 8,3
11	Длина стрелы прямой лопаты (в метрах) . . . . .	4,5	4,5	4,5
12	Длина стрелы обратной лопаты (в метрах) . . . . .	4,5	4,5	4,5
13	Длина стрелы драглайна, грейфера и крана (в метрах) . . . . .	7,5; 9; 10,5	7,5; 9; 10,5	7,5; 9; 10,5
14	Длина стрелы струга (в метрах) . . . . .	4,5	4,5	4,5
15	Длина стрелы копра (в метрах) . . . . .	7,5	7,5	7,5
16	Длина рукояти прямой лопаты (в метрах) . . . . .	3,2	3,2	3,2
17	Длина рукояти обратной лопаты (в метрах) . . . . .	2,0	2,0	2,0
18	Скорость передвижения (в километрах в 1 час) . . . . .	1,5—4,5	40,0 максимум по шоссе	3; 4,2; 5,9
19	Максимальный угол подъема пути (в градусах) . .	—	—	—
20	Удельное давление на грунт при оборудовании прямой лопатой (в килограммах на 1 см <sup>2</sup> ) . . . . .	0,54	—	0,74
21	Тип двигателя . . . . .	У-5	У-5	ЧТЗ
22	Мощность двигателя (лош. сил) . . . . .	40	40	60—75
23	Конструктивный вес экскаватора при оборудовании механической лопатой (в тоннах) . . . . .	8,1	10,5	14,5

Примечание. Экскаватор М-11-Д может быть оборудован прямой лопатой с укороченной, позволяющей вести разработку туннелей. Емкость ковша при туннельном обороте

него сгорания на гусеничном ходу, освоенных промышленностью Союза

№№ по пор.	М-1-ДВ		Д-0,35	ЛК	ЛК-А	М-П-Д	М-П-Д
	«Комсомолец» неполноповоротный						
	Завода «Машиностроитель»	Кунгурского завода	Полноповоротный с ковшом емкостью 0,35 м <sup>3</sup>			«Костромич» дизельный	
	5	6	7	8	9	10	11
1	0,35	0,35	0,35	0,5	0,5	0,75	1,5
2	0,35	0,35	0,35	0,5	0,5	0,75	—
3	0,35	0,35	0,35	0,35	0,5	0,75	1,5; 1,25;
4	—	0,30	0,35	0,35	0,5	0,75	1,0 1,25; 1,0; 0,75
5	—	0,35	0,35	0,50	—	0,75	—
6	8,4	9,5	11,2; 14,5	—	—	12,2; 17,8	—
7	5,5	5,2	5,2	—	—	8,0	—
8	0,9—2,0	1,2	2,33; 1,6	2,55—5,5	—	6,4; 3,7	6,4; 3,7
9	0,5	0,5	0,5	0,8	—	1,0	—
10	5,5	6,75	7,25; 8,9	—	—	9,2; 13,4	—
11	4,8	4,8	4,8	6,1	6,7	6,1—6,9	8,1
12	4,8	4,8	4,8	7,2	7,2	7,1	—
13	8,0	9,0	9; 12	10,5	11,0	11; 17	16; 18; 20
14	—	4,8	4,8	7,2	—	6,5	—
15	—	9,0	9,0	—	—	11,0	—
16	3,0	3,0	3,5	2,54	2,74	4,51	5,7
17	2,5	2,3	2,2	2,65	2,65	2,95	—
18	1,3—2,9	0,95— —1,88	1,34—3,53	1,71	—	0,76	0,9
19	15	18	—	20	20	15	—
20	0,55	0,5	0,57	0,94	0,78	0,96	1,11
21	СТЗ-ХТЗ	СТЗ-ХТЗ	СТЗ-3	ЧТЗ	ЧТЗ	ЧТЗ-65	4-СД-19-32
22	32,5	32,5	54	60	60—75	75	154
23	12,0	13,0	11,0	26,0	25,5	32,7	59,6

ценной стрелой своеобразной формы, обеспечивающей малые габаритные размеры ма-  
довании — 0,85 м<sup>3</sup>

Основные показатели паровых одноковшовых экскаваторов на гусеничном ходу, освоенных промышленностью Союза

Модель	М-П-П	П-0,75		ППГ	М-П-П
	«Костромич»		«Молото- вец»		«Вотки- нец»
Наименование					
Емкость ковша прямой лопаты (в куб. метрах)	0,75	0,75	1,1	1,5	1,5
» » обратной лопаты » »	0,75	0,75	—	—	—
» » драглайна » »	0,75	0,75	1,0	1,0	1,0; 1,5
» » грейфера » »	0,75	0,75	—	—	1,5; 1,0
» » струга » »	0,75	0,75	—	—	—
Грузоподъемность крана (в тоннах)	7,2; 3,4	6,3; 3,7	6,6—12	5,0—10	6,4; 3,9
Вес бабы копра (в тоннах)	1,0	1,0	—	—	—
Радиус действия засыпателя (в метрах)	8,0	8,12	—	—	—
» » корчевателя » »	9,3; 10,6;	9,3; 13,5	—	—	—
	12,1				
» » скребка » »	12,3; 19	12,3; 17,9	—	—	—
Длина стрелы прямой лопаты » »	6,08	6,25	7,8	8	8,1
» » обратной лопаты » »	7,1	7,1	—	—	—
» » драглайна, грейдера и крана (в метрах)	11—14—18,5	11; 17	12,5	15—16;	13; 16; 18
				18,0	
» » струга » »	6,5	6,5	—	—	—
» » копра » »	11,0	11,0	—	—	—
Длина рукоятки прямой лопаты » »	4,4	4,51	—	5,2	5,5
» » обратной лопаты » »	2,95	2,95	—	—	—
Скорость передвижения (в километрах в 1 час)	1,0	0,8—1,3	0,9—1,5	1,0	1,25
Максимальный угол подъема пути (в градусах)	15	—	14	14	17
Удельное давление на грунт при оборудовании прямой лопатой (килограммов на 1 см <sup>2</sup> )	1,1	0,94	0,95	1,12	1,16
Котел — поверхность нагрева (в кв. метрах)	14,04	—	—	33,2	55,0
Рабочее давление (в атмосферах)	10,0	—	—	10,0	10,0
Паросъем (в килограммах в 1 час)	800	800	—	—	1500
Эффективная мощность подъемной машины (лош. сил)	—	—	—	111,3	100
Эффективная мощность напорной и поворотной машины (лош. сил)	—	—	—	56,5	55,0
» » мощность суммарная (лош. сил)	120	202	202	224,3	207,0
Конструктивный вес экскаватора при оборудовании прямой лопатой (в тоннах)	37,6	32,5	43,5	65,4	61,0

Примечание. Конструкция экскаватора модели П-0,75 является модернизированной конструкцией модели М-П-П.

*Основные показатели одноковшовых экскаваторов с электрической силовой установкой на гусеничном ходу, освоенных промышленностью Союза*

М о д е л ь	М-II-Э	М-III-Э	М-IV-Э
На и м е н о в а н и е	«Костромич»		«Уралец»
Емкость ковша прямой лопаты (в куб. метрах) . . . . .	0,75	1,5	2,0 и 3,0
Емкость ковша обратной лопаты (в куб. метрах) . . . . .	0,75	—	—
Емкость ковша драгляйна (в куб. метрах) . .	0,75	1,5; 1,25; 1,0	2,25
» » грейфера » » . . .	0,75	1,25; 1, 0,75	2,50
» » струга » » . . .	0,75	—	—
Радиус действия скребка (в метрах) . . . . .	12,2— —17,8	—	—
» » засыпателя » » . . . . .	8,0	—	—
Грузоподъемность крана (в тоннах) . . . . .	6,4; 3,7	6,4; 3,9	—
Вес бабы копра (в тоннах) . . . . .	1,0	—	—
Длина стрелы прямой лопаты (в метрах) . . .	6,9	8,1	13,5 и 11,0
» » обратной лопаты » » . . .	7,1	—	—
» » драгляйна, грейфера и крана (в метрах) . . . . .	11; 17	16; 18; 20	25,0
Длина стрелы струга (в метрах) . . . . .	6,5	—	—
» » копра » » . . . . .	11,0	—	—
» рукояти прямой лопаты (в метрах) . .	4,51	5,7	9,85 и 7,9
» » обратной лопаты (в метрах) . .	2,95	—	—
Скорость передвижения (в километрах в 1 час) . . . . .	0,76	0,9	1,0
Максимальный угол подъема пути (в градусах)	—	—	15
Удельное давление на грунт при оборудовании прямой лопатой (в килограммах на 1 см <sup>2</sup> ) . . . . .	0,93	1,1	1,7
Электродвигатель . . . . .	AM-114-8	AM-125-8	—
Мощность (в киловаттчасах) . . . . .	60	120	—
Напряжение тока (вольт) . . . . .	220,380	220 380	—
Конструктивный вес экскаватора при оборудовании прямой лопатой (в тоннах) . . . . .	31,5	58,8	146,2

**П р и м е ч а н и е.** Экскаватор М-II-Э может быть оборудован прямой лопатой с укороченной стрелой своеобразной формы, обеспечивающей малые габаритные размеры машины и позволяющей вести разработку туннелей. Емкость ковша при туннельном оборудовании — 0,85 м<sup>3</sup>.

Модель	Д-0,25 (гусеничный)	Д-0,25 (автомобильный)	ТР-0,25	Д-0,35	М-1-ДВ			ЛК				ЛК-А			М-П-П		
	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35			0,50				0,50			0,75		
Угол наклона стрелы к горизонту	50°	50°	50°	45°	35°	45°	60°	35°	45°	55°	65°	35°	45°	65°	35°	45°	55°
<i>P</i> — вылет по наружной кромке ролика стрелы	—	—	—	—	4,60	3,84	2,86	6,34	5,68	4,89	3,97	6,83	6,09	4,37	6,50	5,80	5,00
<i>H</i> — высота по наружной кромке ролика стрелы	—	—	—	—	3,88	4,88	5,65	5,13	5,97	6,68	7,23	5,59	6,49	7,72	5,40	6,20	6,90
<i>P</i> <sub>1</sub> — максимальный радиус резания	5,9	6,08	6,16	6,89	6,40	6,00	5,40	8,10	7,78	7,38	6,94	9,22	8,80	7,80	9,40	8,90	8,50
<i>H</i> <sub>1</sub> — высота резания при максимальном радиусе резания	—	—	—	—	—	—	—	3,18	3,47	3,70	3,86	3,71	4,08	4,58	3,80	4,10	4,50
<i>H</i> <sub>2</sub> — максимальная высота резания	5,3	6,08	5,92	5,41	3,50	5,00	6,25	4,54	5,70	6,66	7,42	5,63	6,49	8,21	5,00	6,00	6,80
<i>P</i> <sub>2</sub> — радиус резания при максимальной высоте резания	—	—	—	—	6,2	5,7	5,0	7,80	7,20	6,36	5,34	8,90	8,10	6,20	8,80	8,20	8,10
<i>P</i> <sub>3</sub> — максимальный радиус выгрузки	5,3	5,43	5,36	5,81	5,70	5,30	4,75	7,72	7,38	7,00	6,57	8,74	8,32	7,60	8,10	7,70	7,30
<i>H</i> <sub>3</sub> — высота выгрузки при максимальном радиусе выгрузки	—	—	—	—	1,56	2,05	2,40	2,68	2,99	3,21	3,37	3,23	3,61	4,11	1,90	2,30	2,60
<i>H</i> <sub>4</sub> — максимальная высота выгрузки	3,4	4,27	4,15	3,52	2,10	3,40	4,50	3,16	4,06	4,96	5,70	3,92	4,71	6,29	2,90	3,80	4,60
<i>P</i> <sub>4</sub> — радиус выгрузки при максимальной высоте выгрузки	—	—	—	—	5,70	5,10	4,10	7,68	7,20	6,52	5,72	8,70	8,18	6,72	8,00	7,40	6,70
<i>P</i> <sub>5</sub> — максимальный радиус резания на уровне стоянки	3,2	3,2	3,25	4,26	4,00	3,65	3,20	4,42	4,08	3,70	3,26	5,10	4,78	3,87	5,50	5,20	4,80
<i>P</i> <sub>6</sub> — минимальный радиус резания на уровне стоянки	—	—	—	—	—	—	—	2,20	2,30	2,35	2,40	—	5,11	—	—	—	—
<i>P</i> <sub>7</sub> — радиус резания на уровне 2,5 м	—	—	—	—	—	—	—	7,38	7,22	7,00	6,74	8,50	8,30	7,60	9,10	8,60	8,10
<i>H</i> <sub>5</sub> — глубина копания ниже уровня стоянки	1,2	0,62	0,6	1,43	1,30	0,85	0,50	2,00	1,72	1,49	1,33	2,09	1,72	1,22	2,20	1,80	1,40

Модель	П-0,75		М-И-Д-Э		«Молотовец»			ППГ			М-III-П			М-IV-Э	
	0,75				1,1			1,5			1,5			2,0	3,0
	45°	35° <sub>д</sub>	45°	60°	35°	50°	60°	35°	45°	55°	35°	45°	55°	50°	50°
<i>P</i> — вылет по наружной кромке ролика стрелы . . . . .	—	6,50	5,82	4,46	—	—	—	8,53	7,61	6,52	8,6	7,7	6,5	11,2	9,9
<i>H</i> — высота по наружной кромке ролика стрелы . . . . .	—	5,50	6,35	7,35	5,9	8,05	9,85	7,13	8,17	9,04	6,8	8,0	8,9	13,2	11,3
<i>P</i> <sub>1</sub> — максимальный радиус резания . . . . .	8,96	9,16	8,86	8,00	11,45	10,75	9,85	11,56	11,01	10,45	11,8	11,3	10,7	16,5	14,1
<i>H</i> <sub>1</sub> — высота резания при максимальном радиусе резания . .	—	4,63	5,00	5,47	—	—	—	4,64	5,07	5,41	4,8	5,2	5,6	7,5	6,7
<i>H</i> <sub>2</sub> — максимальная высота резания . . . . .	7,62	5,44	6,35	7,52	5,9	8,05	9,81	7,13	8,32	9,36	6,75	8,6	9,75	13,3	10,4
<i>P</i> <sub>2</sub> — радиус резания при максимальной высоте резания . .	—	—	—	—	10,95	9,75	8,65	11,00	10,16	9,18	11,5	10,5	9,4	—	—
<i>P</i> <sub>3</sub> — максимальный радиус выгрузки . . . . .	8,14	8,00	7,60	6,70	10,45	9,70	8,70	10,90	10,41	9,85	10,7	10,0	9,6	15,6	12,8
<i>H</i> <sub>3</sub> — высота выгрузки при максимальном радиусе выгрузки .	—	2,96	3,35	3,80	—	—	—	3,43	3,86	4,20	3,0	3,3	3,9	6,0	5,0
<i>H</i> <sub>4</sub> — максимальная высота выгрузки . . . . .	5,32	3,58	4,45	5,48	3,75	5,70	7,35	4,30	5,44	6,48	4,6	6,0	7,1	10,2	6,8
<i>P</i> <sub>4</sub> — радиус выгрузки при максимальной высоте выгрузки	—	7,88	7,45	6,65	10,15	9,2	7,7	10,81	10,16	9,36	10,6	9,6	9,1	14,4	12,6
<i>P</i> <sub>5</sub> — максимальный радиус резания на уровне стоянки . .	4,17	7,92	7,18	5,92	—	—	—	6,61	6,25	5,78	7,2	7,0	6,8	9,4	8,5
<i>P</i> <sub>6</sub> — минимальный радиус резания на уровне стоянки . . .	—	—	—	—	—	—	—	3,80	3,80	3,80	—	—	—	—	—
<i>P</i> <sub>7</sub> — радиус резания на уровне 2,5 м . . . . .	—	9,10	8,62	7,72	10,8	9,7	9,2	11,20	10,58	9,88	11,4	10,7	10,4	15,4	13,0
<i>H</i> <sub>5</sub> — Глубина копания ниже уровня стоянки . . . . .	1,72	2,00	1,59	1,15	2,45	1,75	1,30	2,54	2,11	1,77	2,5	2,1	1,6	3,7	2,5

**Эксплуатационная характеристика  
драглайн**

Модель	Д-0, 25 гусенич- ный	Д-0, 25 автомобиль- ный	ТР-0, 25	Д-0, 35	М-1-ДВ		
Емкость ковша (в куб. метрах)	0, 25	0, 25	0, 25	0, 35	0, 35		
Длина стрелы (в метрах)	7, 5—10, 5	7, 5—10, 5	7, 5—10, 5	9, 0—12, 0	9, 0		
Угол наклона стрелы к горизонту	35°	35°	35°	35°	30°	45°	60°
<i>P</i> —вылет по наруж- ной кромке ролика стрелы . . . . .	—	—	—	—	8, 35	6, 85	5, 0
<i>H</i> —высота по наруж- ной кромке ролика стрелы . . . . .	—	—	—	—	6, 1	7, 9	9, 4
<i>P</i> <sub>1</sub> —максимальный ради- ус копания с за- бросом ковша * . . .	7, 7—10, 3	7, 66—10, 37	7, 33—10, 44	9, 5—12, 5	9, 6	9, 1	7, 7
<i>H</i> <sub>1</sub> —максимальная глубина копания при первом про- ходе . . . . .	2, 9—4, 5	2, 52—4, 24	2, 48—4, 2	3, 4—5, 3	3, 9	3, 0	2, 1
<i>H</i> <sub>2</sub> —максимальная глубина копания при втором проходе	5, 5—7, 8	4, 9—7, 4	4, 83—7, 32	6, 2—8, 7	5, 5	4, 5	3, 6
<i>R</i> <sub>2</sub> —радиус выгрузки	6, 8—9, 5	6, 78—9, 56	6, 85—9, 63	8, 1—9, 6	7, 6	6, 7	4, 8
<i>H</i> <sub>3</sub> —высота выгрузки	3, 1—5, 1	3, 7—5, 75	3, 76—5, 8	3, 9—5, 6	3, 6	4, 8	6, 3

\* Максимальный радиус копания в сильной мере зависит от опытности механы средние размеры.

**Эксплуатационная характеристика одноковшовых экс**

Модель	Д-0, 25 гусенич- ный	Д-0, 25 автомобиль- ный	ТР-0, 25	Д-0, 35	М-1-ДВ		
Емкость ковша (в куб. метрах)	0, 25	0, 25	0, 25	0, 35	0, 30		
Длина стрелы	7, 5—9, 0	7, 5—10, 5	7, 5—10, 5	9, 0—12	9, 0		
Угол наклона стрелы к горизонту	45°	45°	60°	45°	30°	45°	60°
Вылет по наружной кромке ролика стрелы . . . . .	—	—	—	—	8, 35	6, 85	5, 0
Высота по наруж- ной кромке ролика стрелы . . . . .	—	—	—	—	6, 10	7, 9	9, 4
Радиус работы . . . .	5, 9—7, 2	5, 96—8, 22	6, 03—8, 29	7, 4—9, 4	8, 3	6, 8	4, 95
Максимальная высо- та выгрузки . . . . .	4, 0—5, 2	4, 58—6, 9	4, 64—6, 96	5, 4—7, 3	3, 3	5, 1	6, 5
Максимальная глу- бина выемки . . . . .	9, 6—8, 6	9, 0—7, 0	9, 6—7, 0	до 8, 0	до 8	до 8	до 8

*Дликошовых экскаваторов*

в метрах) (см. рис. 179 на стр. 405).

ЛК			ЛК-А		М-II-П	«Мо- лото- вец»	ПГГ		М-III-П		М-IV-Э	
0,35			0,5		0,75	1,0	1,0		1,5		2,25	
10,5			11,0		11—18,5	12,5	18,0		15,0		25,0	
25°	35°	45°	30°	45°	35°	40°	25°	40°	25°	40°	30°	45°
0,9	10,05	8,77	10,95	9,16	—	13,65	18,5	15,9	15,8	12,8	24,6	20,6
6,1	7,7	9,1	7,25	9,56	—	7,20	10,0	14,0	8,64	13,0	15,4	20,7
3,2	12,8	12,6	10,88	9,13	11,4—18,5	17,70	22,5	20,0	20,0	17,0	29,0	25,0
4,1	—	3,1	—	—	3,4—7,0	—	9,5	8,5	4,8	4,0	7,0	6,2
4,1	3,5	3,8	—	—	7,9—12,0	—	14,5	13,0	11,0	9,5	15,0	11,0
1,3	10,45	9,2	10,8	9,07	10,4—16,5	13,5	18,61	16,09	15,5	12,2	24,2	20,5
2,6	4,5	5,9	4,0	6,28	5,0—9,0	4,0	5,7	9,6	4,8	9,2	8,5	13,7

ика. Заброс ковша обычно колеблется от 2 до 4 м и достигает 5 м; в таблице ука-

*аваторов, оборудованных грейфером (в метрах)*

ЛК		ЛК-А	М-II-П	П-0,75	«Мо- лото- вец»	М-III-П		М-IV-ДЭ	
0,35		0,5	0,75	0,75	0,8	1,50		2,50	
10,5		11,0	11,0—18,5	11—17	12,5	15,0		25,0	
35°	45°	45°	45°	45°	40°	30°	60°	30°	50°
0,68	8,5	9,16	—	—	13,65	15,0	9,7	24,6	19,0
0,7	9,1	9,56	—	—	7,0	9,8	15,4	15,4	22,2
0,95	8,77	9,16	9,1—14,2	9,24—13,46	8,2	14,9	9,5	24,2	18,7
0,7	6,1	5,91	6;5—11,8	6,41—10,6	4,0	5,4	10,9	11,0	17,7
7,0	15,0	7,01	до 8,0	10,0—6,0	15,0	13,1	7,6	11,5	5,0

Эксплуатационная характеристика одноковшовых экскаваторов, оборудованных обратной лопатой

	М о д е л и							
	Д-0,25 гусенич- ный	Д-0,25 автомо- бильный	ТР-0,25	Д-0,35	М-1-ДВ	ЛК	ЛК-А	П-0,75 М-11-Д-Э
	Е м к о с т ь к о в ш а (в к у б. м е т р а х)							
	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35	0,5	0,5	0,75
Угол наклона стрелы к горизонту . . .	—	—	—	—	от — 21° до + 56°	от — 56° до + 43°	от — 43° до + 48°	—
Ширина ковша (в метрах) . . . . .	0,8	0,8	0,8	0,845	0,7	—	—	1,08
Глубина выемки максимальная (в метрах) . . . . .	4,4	4,4	4,4	4,5	3,5	6,6	6,6	7,2
Максимальный радиус резания (в метрах) . . . . .	7,74	8,0	8,06	7,35	7,5	10,8	10,8	11,0
Радиус выгрузки (в метрах) . . . . .	4,31	4,5	4,62	3,53	2,55	5,5—9,0	5,5—9,0	5,3
Высота выгрузки (в метрах) . . . . .	2,13	2,15	2,13	2,15	2,7	3,5—5,9	3,5—5,9	3,2

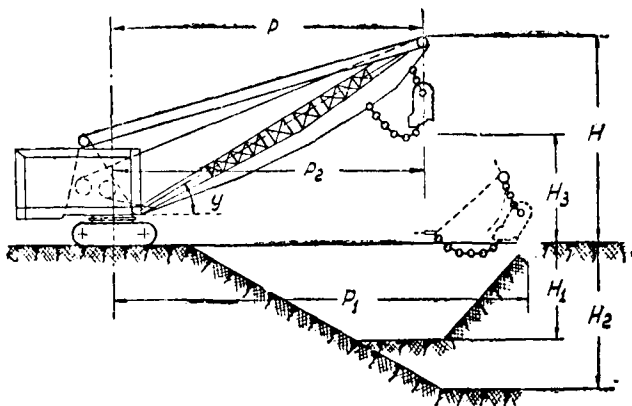


Рис. 179. Драглайн (схема).

## § 121. Производительность одноковшовых экскаваторов

Производительность одноковшовых экскаваторов может быть определена по формуле:

$$P = 60nqK_n K_B,$$

где  $P$  — выработка экскаватора в кубических метрах грунта в плотном теле за один час рабочей смены;

60 — число минут в часе;

$n$  — число экскаваций в минуту с учетом сопротивления грунта резанию (см. таблицу ниже);

$q$  — емкость ковша в кубических метрах;

$K_n$  — коэффициент наполнения ковша с учетом разрыхления грунта (см. таблицу ниже);

$K_B$  — коэффициент использования экскаватора по времени в течение смены.

*Число экскаваций в минуту с учетом сопротивления грунта резанию*

Оборудование экскаватора (и угол поворота)	Наименование	Емкость ковша (в куб. метрах)	Категория грунта*				
			I	II	III	IV	V
Прямая и обратная лопата при угле поворота 90°	«Комсомолец» . . . . .	0,35	4,4	2,6	2,2	—	—
	ЛК . . . . .	0,5	5,1	4,0	3,5	2,4	1,7
	«Костромич» . . . . .	0,75	4,6	3,3	2,9	1,9	1,5
	«Молотовец» . . . . .	1,1	4,1	3,2	2,5	1,7	1,3
	«Воткинец» и ППГ . . . . .	1,5	3,9	2,9	2,7	1,9	1,3
Драглайн при угле поворота 100—120°	«Комсомолец» . . . . .	0,35	2,2	1,2	1,1	—	—
	ЛК . . . . .	0,5	2,9	1,8	1,6	—	—
	«Костромич» . . . . .	0,75	3,1	2,3	2,0	1,5	—
	ППГ . . . . .	1,0	2,9	2,3	1,8	1,7	—
	«Воткинец» . . . . .	1,5	2,8	2,2	1,6	1,3	—

\* Характеристику грунтов см. в приложении к этой главе.

**Наполнение ковша с учетом разрыхления грунта  
(значение коэффициента  $K_H$ )**

Оборудование экскаваторов	Емкость ковша (в куб. метрах)	Грунты		
		песчаные	глинистые	скальные
Прямая лопата . . . . .	{ 1,9—3 1,5 1,12 до 1	0,85	0,75	0,55
		0,85	0,76	0,50
		0,90	0,80	0,50
		0,95	0,85	—
Обратная лопата . . . . .	0,35—0,5	0,80	0,70	—
<b>Драглайн:</b>				
а) при глубине разработки до 4 м . . . . .	1,0 0,5—0,75	0,8	0,7	—
		0,85	0,75	—
б) при глубине разработки более 4 м . . . . .	1,0 0,5—0,75	0,90	0,85	—
		0,90	0,80	—
Грейферы . . . . .	{ 0,75 0,35—0,5	0,6	0,5	—
		0,65	0,55	—

**Нормальный состав бригад, обслуживающих экскаваторы**

	Род двигателя				
	Внутреннего сгорания		Паровой		Электрический
	Емкость ковша (в кубометрах)				
	0,35	0,5	0,75—1,5	1,91—2,5	3,0
Машинист 7-го разряда . . . . .	—	1	1	1	1
» 6-го » . . . . .	1	—	—	—	—
Стреловой машинист 6-го разряда . . . . .	—	—	—	1	—
Пом. машиниста 5-го разряда . . . . .	1	1	1	—	—
Электромонтер 5-го разряда . . . . .	—	—	—	—	1
Кочегар 5-го разряда . . . . .	—	—	1	1	—
Слесарь-смазчик 4-го разряда . . . . .	—	—	—	1	1
Рабочие 3-го разряда . . . . .	1	2	2	6	2

Нижеприводимые производительности экскаваторов даны для грунтов нормальной влажности, т. е. для грунтов, не находящихся во время разработки под непосредственным действием грунтовых и проточных вод.

При работе в мокрых забоях или в забоях с мокрой подошвой производительность уменьшается на 15% в песчаных и на 25% в глинистых грунтах.

*Производительность одноковшовых экскаваторов на гусеничном ходу, оборудованных прямой лопатой (в куб. метрах за час).*

(Единые нормы выработки и расценки на строительные работы ЕНВ и Р, 1939 г., § 2—2)

Характер работы	Грунты	Емкость ковша (в куб. метрах)					
		0,35	0,5	0,75	1,12	1,5	3,0
С погрузкой на автомобили . . . . .	{ Песчаные	27	40	55	70	110	—
	{ Глинистые	23	32	45	60	80	—
	{ Скальные	—	—	18	25	40	—
С погрузкой на подвижной состав узкой колеи . . . . .	{ Песчаные	30	45	60	80	120	—
	{ Глинистые	23	35	50	65	90	—
	{ Скальные	—	—	20	30	45	—
В отвал . . . . .	{ Песчаные	35	52	69	92	150	230
	{ Глинистые	26	40	58	75	115	184
	{ Скальные	—	—	23	35	58	92

Примечание. Производительность экскаваторов с ковшами емкостью более 1 м<sup>3</sup> уменьшается на 15% при высоте забоя до 2 м и на 5% при высоте забоя 2—3 м.

*Производительность одноковшовых экскаваторов на гусеничном ходу, оборудованных обратной лопатой*

(в куб. метрах за час) (ЕНВ и Р, § 2—3)

Характер работы	Грунт	Глубина разработки до				
		1,5 м		3,0 м		5,0 м
		Емкость ковша (в куб. метрах)				
		0,35	0,5	0,35	0,5	0,5
В отвал . . . . .	{ Песчаный	30	45	25	40	35
	{ Глинистый	25	35	22	30	25
С погрузкой в автомобили . . . . .	{ Песчаный	25	35	20	30	25
	{ Глинистый	20	28	15	25	20

**Производительность одноковшовых экскаваторов драглайн  
на гусеничном ходу (в куб. метрах за час)**  
(ЕНВ и Р, 1939 г., § 2—4 и § 2—5)

Условия работы	Грунты	Емкость ковша (в куб. метрах)					
		0,35	0,50	0,75	1,0	1,5	
Глубина раз- работ- ки	до 4 м	Песчаные . . . . .	28	40	55	75	110
		Глинистые III кат.	23	32	45	60	90
	до 6 м	Песчаные . . . . .	—	35	50	70	105
		Глинистые III кат.	—	30	40	55	85
	более 6 м	Песчаные . . . . .	—	—	45	65	100
		Глинистые III кат.	—	—	35	50	75
Срезка берегов и от- косов выемок при толщине срезки до 1,5 м	Песчаные . . . . .	20	30	45	50	70	
	Глинистые . . . . .	17	25	40	45	65	

Примечание 1. Кроме указанных условий работы, нормами предусмотрено, что работа производится в отвал, без закидки ковша, с углом поворота до 120°.

Примечание 2. При работе в других условиях производительность уменьшается на:

- а) при работе с закидкой только на кубатуру, разрабатываемую с закидкой, — 10%;
- б) при черпании из-под воды — 25%;
- в) при угле поворота 135—180° — 15%;
- г) при работе с погрузкой в подвижной состав — 20%;
- д) при перекидке ранее вынутого грунта — 10%.

**Производительность одноковшовых экскаваторов, оборудованных  
грейфером, при работе в отвал (в куб. метрах за час)**  
(ЕНВ и Р, 1939 г., § 2—6)

Грунты	Емкость ковша (в куб. метрах)				
	0,35	0,5	0,75	1,00	1,5
Песчаные . . . . .	15	25	35	45	65
Глинистые . . . . .	—	20	28	35	50

Примечание 1. Производительность приведена для ковшей емкостью 0,35 м³ при глубине черпания до 4 м и для остальных ковшей — 6 м. Угол поворота принят равным 90—100°.

Примечание 2. При работе в других условиях производительность уменьшается на:

- а) при черпании из-под воды — 25%;
- б) при угле поворота 135—180° — 15%;
- в) при погрузке в подвижной состав — 20%.

## § 122. Многоковшовые экскаваторы-канавокопатели

Многоковшовые экскаваторы-канавокопатели изготавливаются Димитровским машиностроительным заводом и заводом «Красный экскаватор». Эти экскаваторы являются основной машиной при открытии траншей с вертикальными стенками для прокладки труб. При постановке дополнительного (специального) оборудования многоковшовые экскаваторы выполняют каналы с откосами (рис. 180а).

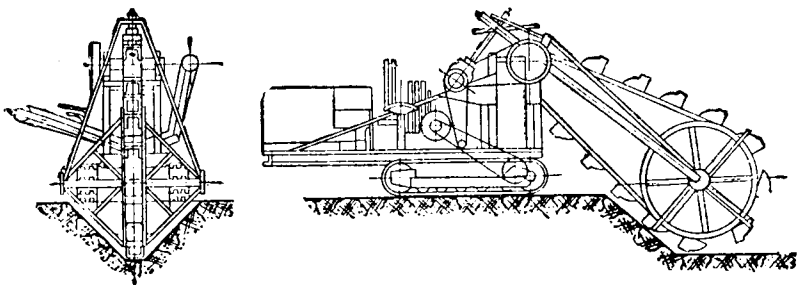


Рис. 180а. Многоковшовый экскаватор-канавокопатель с дополнительным оборудованием.

*Производительность многоковшового экскаватора МК-1  
(в куб. метрах за час) (ЕНВ и Р, 1939 г.)*

Грунты	При работе в отвал
Песчаные . . . . .	30
Глинистые . . . . .	25

### § 123. Многоковшовые экскаваторы МЭДО для очистки каналов

В целях лучшего приспособления к разнообразным каналам намечены к изготовлению специальные многоковшовые экскаваторы поперечного черпания МЭДО-1 (рис. 180б) и МЭДО-11. Эти экскаваторы запроектированы, в основном, для очистки каналов, но одновременно рассчитаны на работы по сооружению каналов и отсыпке небольших дамб. Оснащаются экскаваторы на заводе «Красный экскаватор».

Силовое оборудование экскаваторов МЭДО — двигатели внутреннего сгорания.

Ходовое устройство — гусеничное. Гусеницы экскаваторов соединены телескопической осью.

Черпаковая рама устанавливается между гусеницами при разработке небольших каналов, когда гусеницы проходят по обим сторонам каналов. При разработке широких каналов обе

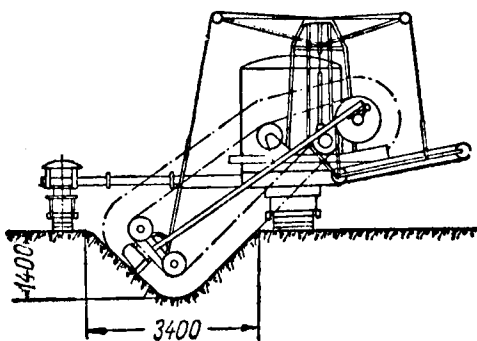


Рис. 180б. Многоковшовый экскаватор для очистки каналов МЭДО-1.

гусеницы экскаватора располагаются на одном берегу канала, черпачковая рама переносится и располагается сбоку — в стороне от малой гусеницы,

### Характеристика экскаваторов МЭДО

Наименование показателей	Наименование моделей	
	МЭДО-1	МЭДО-II
Максимальное расстояние между осями гусениц (в метрах) . . . . .	5,2	9,3
Ширина основной гусеницы (в метрах) . . . . .	0,8	1,0
» вспомогательной (в метрах) . . . . .	0,4	0,67
Длина ковшовой рамы (в метрах) . . . . .	3,05—4,15	4,15—7,25
Емкость ковшей (в литрах) . . . . .	50	70
Число ковшей (штук) . . . . .	9—10	13—16
Количество сыпков (в штуках в 1 минуту):		
при 1-й скорости цепи . . . . .	13,35	13,4
» 2-й » » . . . . .	19,7	21,1
» 3-й » » . . . . .	23,4	34,3
» 4-й » » . . . . .	42,0	53,5
Рабочие скорости передвижения (в метрах в 1 минуту):		
1-я . . . . .	1	0,70
2-я . . . . .	1,36	0,89
3-я . . . . .	1,93	1,18
4-я . . . . .	2,67	1,6
5-я . . . . .	3,63	2,06
6-я . . . . .	5,0	2,72
7-я . . . . .	7,03	3,60
8-я . . . . .	9,68	4,62
9-я . . . . .	—	6,12
10-я . . . . .	—	8,34
11-я . . . . .	—	10,64
12-я . . . . .	—	14,1
Транспортные скорости передвижения (вперед и назад) (в километрах в 1 час):		
1-я . . . . .	0,88	1,0
2-я . . . . .	1,30	1,5
3-я . . . . .	1,86	2,5
4-я . . . . .	2,75	4,0
Силовое оборудование	У-5	ЧТЗ-65(М-17)
Среднее удельное давление на грунт (в килограммах на 1 см <sup>2</sup> ) . . . . .	0,37	0,42
Вес экскаватора (в тоннах) . . . . .	13,5	22

### Сечения каналов, разрабатываемых МЭДО (в метрах)

Элементы поперечного сечения канала	Тип экскаватора	
	МЭДО-1	МЭДО-II
Глубина . . . . .	0,8 — 1,5	1—3
Ширина по низу . . . . .	0,75—2,0	2—6
Ширина по верху . . . . .	3,95—2,9	6—7,8
Заложение откосов . . . . .	от 1 : 2 до 1 : 0,3	от 1 : 2 до 1 : 0,3

Примечание. Ширина разрабатываемых каналов показана при расположении гусениц экскаватора по обеим сторонам канала.

Основные показатели многоковшовых экскаваторов-канавкопателей, освоенных промышленностью Союза

Т и п	МК-I			МК-IV		МК-II
	Траншея	Трапеция	Трапеция	Траншея	Трапеция	Траншея
Наибольшая глубина канавы (в метрах)	0,5	2,25	1,0 : 1,2	1,2	0,70	6,0
Ширина канавы максимальная за один проход (в метрах)	3,0	0,775	0,5	0,5	0,3	1,2
Ширина канавы минимальная при смене ковшей (в метрах)	1,5	0,6	—	0,3	—	—
Заложение откосов	—	—	1 : 1; 1 : 0,5	—	1 : 1	—
Наибольшая высота отгрузки (в метрах)	1,8	1,8	1,8	1,1	1,1	3,4
Вылет транспортера от оси экскаватора (в метрах)	2,8	2,8	2,8	1,44	1,44	6,7
Ширина ленты транспортера (в метрах)	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
Тип двигателя	Автомобильный ЗИС-5 или заменяется ЧТЗ 65 (60) 75 (60)			Универсал 1 Кировского з-да 22		ЧТЗ-65 (60)
Мощность двигателя (лош. сил.)	бензин (дизельное топливо или лигроин)			керосин и бензин		75 (60)
Горючее	бензин (дизельное топливо или лигроин)			керосин и бензин		дизельное топливо или лигроин 70
Емкость ковшей (в литрах)	50	30	30	8	8	—
Число ковшей (штук)	9	10	11	14	14	—
Скорость ковшевой цепи (в метрах в секунду)	5 (оборотов в минуту)	0,79—0,95	0,79—0,95	0,79—0,98	0,79—0,98	32—39 (ковшей в минуту)
Рабочие скорости передвижения (в метрах в час)	1-я	28	31	33	33	5,4
	2-я	34	37	45	45	6,5
	3-я	42	46	46	49	8,9
	4-я	50	55	55	54	10,8
	5-я	60	66	66	67	14,4
	6-я	72	79	79	70	17,2
	7-я	—	—	—	81	23,3
	8-я	—	—	—	95	28,6
	9-я	—	—	—	115	—
Транспортные скорости (в километрах в час)	1,85—3,07		1,85—3,07	2,45—4,02	2,45—4,02	1,67—2,0
Удельное давление на грунт при копании (в килограммах на 1 см <sup>2</sup> )	—	1,55	—	0,512	0,537	—
Удельное давление на грунт при передвижении (в килограммах на 1 см <sup>2</sup> )	—	1,11	—	0,554	0,575	—
Вес конструктивный (в тоннах)	13,0	12,3	12,6	4,3	4,5	29,7

## § 124. Скреперные установки

Скреперная установка (канатный скрепер) состоит из ковша, канатов рабочего и холостого, лебедки с двигателем, головной и хвостовой ба-шен и системы роликов.

*Характеристика ковшей скреперных установок*

Тип	Емкость (в куб. мет-рах)	Вес (в кило-граммах)	Расчетное ма-ксимальное усилие на канатах (в тоннах)		Канаты диаметром (в милли-метрах)		Габаритные размеры ковша (в метрах)		
			рабо-чий	холо-стой	рабо-чий	холо-стой	ши-рина	дли-на	высо-та
Малый . . .	0,5	370	—	—	14	8,5	1,17	1,41	0,58
	0,75	300	1,0	0,45	14	8,5	1,34	1,58	0,65
	1,0	490	1,47	0,50	16	10	1,47	1,73	0,72
	1,25	520	1,84	0,56	17,5	11	1,57	1,85	0,78
Средний . .	1,5	910	2,30	0,75	19,5	12	1,68	1,95	0,84
	1,75	930	2,73	0,92	21,5	13,5	1,78	1,88	0,87
	2,0	940	3,15	1,04	24	15	1,89	2,21	0,92
Большой . .	2,5	1180	3,90	1,34	25	17	2,01	2,33	0,99
	3,0	1320	4,40	1,41	26	17,5	2,11	2,45	1,03
	3,5	1500	5,20	1,75	29	19,5	2,21	2,50	1,12

*Характеристика лебедок скреперных установок*

Марка	Тяговое усилие на канате (в тоннах)		Средняя скорость каната (в метрах в секунду)		Длина скреперо-вания (в метрах)	Диаметр каната (в милли-метрах)		Мотор		Вес лебедок (в тоннах) без моторов
	рабо-чий	холо-стой	рабо-чий	холо-стой		рабо-чий	холо-стой	мощ-ность (лош. сил)	число оборо-тов	
СЛ-К-22 . . .	2,0	1,0	1,31	2,02	150	18	11,5	41,5	730	3,2
СЛ-К-32 . . .	3,0	1,5	1,43	2,25	185	20,5	13	70,5	730	4,5
СЛ-К-42 . . .	4,0	1,5	1,6	2,6	250	21	15,5	91	730	5,8

Изготавливаются и другие марки лебедок, рассчитанные на различ-ную мощность двигателей от 32 до 123 л. с.

Простота скреперных установок позволяет производить оборудова-ние их из ковшей, изготовленных на месте работ, и из имеющихся на месте механических лебедок (например, корчевальных лебедок) и двига-телей (тракторов и др.).

## Зависимость между объемом ковша и мощностью мотора

Тип двигателя	Емкость ковша (в куб. метрах)				
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	Мощность (лош. сил)				
Карбюраторный . . . . .	45	65	85	115	145
Дизельный . . . . .	40	60	80	105	135
Электрический . . . . .	30	45	70	90	120

### Производительность скреперной установки (в куб. метрах за 8 часов работы) (ЕНВ и Р, 1939 г., § 2—26)

	Емкость ковша (в куб. метрах)										
	0,5		0,75		1,0		1,5		2,0		
	К а т е г о р и я г р у н т о в										
	I—II	III—IV	I—II	III—IV	I—II	III—IV	I—II	III—IV	I—II	III—IV	
Дальность перемещения грунта (в метрах)	50	19	15	28	22	37	30	56	41	75	59
	75	13	11	18	15	25	21	38	30	52	41
	100	—	—	15	11	20	16	29	23	39	31
	150	—	—	10	8	13	11	20	16	27	21

**Примечание.** Грунты III и IV категорий должны предварительно рыхлиться.

## § 125. Тракторные скреперы

Тракторные скреперы изготовляются различных емкостей и различного конструктивного решения отдельных узлов и общего оформления.

Тракторные скреперы на полозьях изготовляются на заводах Союза с ковшом емкостью в 0,75 м<sup>3</sup> (скрепер емкостью 0,35 м<sup>3</sup> с производства снят).

Ползунковые скреперы состоят из ковша с ножом, тяговой рамы с прицепкой и механизма управления. Ковш скрепера может свободно вращаться в подшипниках, укрепленных на раме. У скрепера емкостью 0,36 м<sup>3</sup> в средней части имеется дуга, на которой укреплено три выступа для установки ковша в различные положения: захват грунта, транспорт и равномерная выгрузка-планировка. Скрепер емкостью 0,75 м<sup>3</sup> имеет два рычага управления: один — для сбрасывания ролика с выступов и второй — для увеличения угла резания. Последний рычаг имеет ограничитель, устанавливающий толщину срезаемого слоя грунта, не превышающую 20 см за 1 проход. Ковш наполняется на расстоянии 3—5 м. Обслуживание скреперов этого типа производится трактористом при помощи веревок, идущих от рычагов управления к трактористу.

Московским ремонтным экскаваторным заводом (МОРЭЗ) НКЗ СССР изготовляются ползунковые скреперы емкостью 0,75 м<sup>3</sup>, допускающие работу поездами по 2 штуки с тягой мощными гусеничными тракторами. Для осуществления сцепки двух скреперов один из скреперов (первый) изготовляется с удлиненной рамой — в 3,52 м.

## Характеристика тракторных скреперов, выпускаемых заводами Союза

Тип скрепера	Ползунковый	Ползунковый	Колесно-ползунковый	«Беккер»	«Эвклид»	СТ	СПД	СШМ	СТВ
	Емкость ковша (в кубометрах)								
	0,36	0,75	2,0	0,75	1,1	2,75	4,6	5,4	7,35
Ходовое устройство	Полозья	Полозья	Комбинированный: 2 колеса и полозья	4 колеса	2 колеса	6 колес (пневматики)	6 колес (пневматики)	6 колес (пневматики)	8 колес (пневматики)
Форма ковша	Цилиндрический	Цилиндрический	Цилиндрический	Прямоугольный	Прямоугольный	Грейферный	Грейферный	Прямоугольный	Прямоугольный
Способ разгрузки ковша	Вращение (опрокидывание)	Вращение ковша	Вращение ковша	Открытие замка задней стенки	Открытие замка задней стенки	Поворотом ковша с открытием заслонки	Поворотом ковша с открытием заслонки	Выдавливанием задней стенкой	Выдавливанием задней стенкой
Способ управления скрепером: а) осуществляется управление	Трактористом	Трактористом или рабочим на тракторе	Трактористом	Рабочим на скрепере	Рабочим на скрепере	Трактористом	Трактористом	Трактористом	Трактористом

Тип скрепера	Ползунковый	Ползунковый	Колесно-ползунковый	«Беккер»	«Эвклид»	СТ	СП	СШМ	СТВ
	Емкость ковша (в кубометрах)								
	0,36	0,75	2,0	0,75	1,1	2,75	4,6	5,4	7,35
б) привод управления в действие	Ручное	Ручное	Ручное	От задних колес скрепера	От правого колеса скрепера	Гидравлическое	Гидравлическое	Механическое (лебедка на тракторе)	Гидравлическое
Количество скреперов в прицепе трактора	1	1—2	1	1—5	1—5	1	1	1	1
Трактор	СТЗ-ХТЗ	СТЗ-НАТИ и ЧТЗ	СТЗ-НАТИ и ЧТЗ	Любой	Любой	СТЗ-НАТИ	ЧТЗ	ЧТЗ	ЧТЗ

## Характеристика тракторных ползунковых скреперов

	Емкость ковша	
	0,37	0,75
Габаритные размеры (в метрах):		
ширина .....	1,76	2,39
длина .....	2,49	2,90 (3,52)
высота .....	1,97	2,14
Ширина ковша (в метрах) .....	1,55	2,10
» хода трактора (в метрах) .....	1,68	1,86—2,4
Трактор .....	СТЗ-ХТЗ	СТЗ-НАТИ, ЧТЗ
Вес скрепера (в килограммах) .....	385	

*Производительность тракторных скреперов на полозьях при устройстве каналов или дамб в плотном теле (в куб. метрах в час) (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)*

Тип трактора	Емкость ковша скрепера (в куб. метрах)	Высота дамб и глубина выемок каналов (в метрах)	Производительность при отсыпке дамб		Производительность при разработке выемок	
			Категории грунтов		Категории грунтов	
			I—II	III—IV	I—II	III—IV
СТЗ-ХТЗ	0,36	до 0,6	15,0	12,3	17	15
		0,6—1,2	11,1	9,8	14	11
		1,2—1,5	8,3	6,9	10	8,5
СТЗ-НАТИ	0,75	до 1,0	28	21	33	25
		от 1,0—1,75	21	16	25	19
		от 1,75—2,25	16	12	19	14,5
ЧТЗ	0,75	до 1,2	32	27	35	32
		1,2—2	25	21	30	24
		2—2,5	20	17	25	20
ЧТЗ	0,75 (при 2 скреперах) (в посеве)	до 1,2	45	38	53	42
		1,2—2	35	30	42	34

В грунтах влажных (липких) и сильно пылеватых, вызывающих пробуксовку тракторов, и при наличии корней производительность уменьшается на 15% и больше.

Производительность скреперов на планировочных работах проводится в разделе планировочных работ.

Колесно-ползунковые скреперы осваиваются заводом МОРЭЗ. Этим заводом выпущены опытные образцы скреперов емкостью 1,5 м<sup>3</sup> с ручным и 2 м<sup>3</sup> с механизированным управлением и заводом «Дормашина» — емкостью 2 м<sup>3</sup> с ручным управлением.

Возможность после забора грунта поднимать ковш на колеса позволяет лучше использовать тяговое усилие трактора; одновременно имеется возможность использовать некоторые достоинства ползунковых скреперов.

## Характеристика колесно-ползунковых скреперов

	Емкость ковша (в куб. метрах)		
	1,5	2,0	2,0
Габаритные размеры (в метрах) {			
( ширина . . . . . )	2,4	2,82	2,78
( длина . . . . . )	4,2	4,45	4,2
( высота . . . . . )	1,3	—	2,35
Ширина ковша (в метрах) . . . . .	1,8	2,40	2,2
» хода скрепера (в метрах) . . . . .	1,5	2,55	1,9
» » трактора . . . . .	1,86 (2,4)	1,86 (2,4)	1,86 (2,4)
Трактор . . . . .	СТЗ-НАТИ (или ЧТЗ)	СТЗ-НАТИ (или ЧТЗ)	СТЗ-НАТИ (или ЧТЗ)
Управление . . . . .	Ручное	Ручное	Механизи- рованное
Вес скрепера (в килограммах) . . . . .	—	2 500	—
Завод-изготовитель . . . . .	МОРЭЗ	Заводы Главсремаш	МОРЭЗ

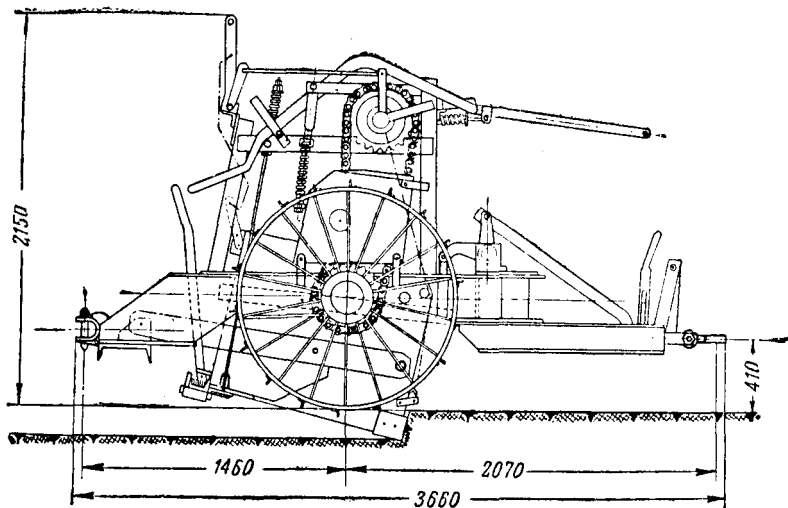


Рис. 181а. Тракторный колесный скрепер емкостью 1,1 м<sup>3</sup>.

Тракторные колесные скреперы емкостью 0,75 м<sup>3</sup> изготовлялись заводами СССР.

В настоящее время взамен описанных четырехколесных скреперов емкостью 0,75 м<sup>3</sup> Главстроймаш (завод «Дормашина») и завод НКПС перешли на изготовление двухколесных скреперов емкостью 1,1 м<sup>3</sup> типа «Эвклид» (рис. 181а).

Колесные скреперы емкостью 0,75 и 1,1 м<sup>3</sup> могут работать по одному и поездами до 5 штук в прицепе; количество скреперов в поезде устанавливается тяговой силой трактора и условиями работ.

Управление этими скреперами — спуск и подъем ковша, — производится рабочим на скрепере. При малых расстояниях возки (до 100 м) назначают по одному рабочему на скрепер и при больших расстояниях —

на месте загрузки и разгрузки достаточно назначать по 2 рабочих на поезд в 3—5 скреперов.

Большегрузные колесные скреперы емкостью 3—8 м<sup>3</sup> производятся заводом «Дормашинна» (рис. 181б).

Колеса изготавливаются металлические, барабанного типа, или пневматики — баллоны среднего давления.

Управление работой обоих скреперов производится трактористом с трактора.

Ширина хода передних и задних колес этих скреперов меньше ширины ковша.

Тракторный колесный скрепер емкостью 0,5 м<sup>3</sup> типа «Миами» изготовляется Онежским заводом для работы с трактором «Миами» (в количестве до 1500 штук) по проекту НИИПС. Ремонтно-экскаваторным заводом НКПС в настоящее время изготавливаются лебедки конструкции Скрипко для установки непосредственно на скрепере. Скреперы «Миами», оборудованные лебедками конструкции Скрипко, могут быть использованы с любыми тракторами и могут работать поездами по 4 штуки.

	Емкость ковша (в кубометрах)					
	0,75	1,1	3 (геометрическая— 2,75)	5 (геометрическая— 4,65)	6 (геометрическая— 5,4)	8 (геометрическая— 7,35)
Габаритные размеры (в метрах):						
ширина . . . . .	2,2	2,53	5,95	2,84	2,68	9,30
длина . . . . .	4,8	3,66	2,48	7,21	7,16	3,07
высота . . . . .	1,65	2,15	1,87	2,68	2,90	3,03
Ширина ковша (в метрах) . . . . .	1,12	1,18	1,8	2,46	2,40	2,40
Ширина хода скрепера (в метрах) . . . . .	2,02	2,12	1,22	1,86	1,52	1,23
Ширина хода трактора (в метрах) . . . . .	1,86— 2,4	1,86— 2,4	1,86	2,4	2,4	2,4
Трактор . . . . .	СТЗ- НАТИ и ЧТЗ	СТЗ- НАТИ и ЧТЗ	СТЗ- НАТИ	ЧТЗ	ЧТЗ	ЧТЗ
Число скреперов в прицепе (штук)	1—5	1—5	1	1	1	1
Управление . . . . .	От зад- них колес скре- пера	От право- го ко- леса скре- пера	Гид- равли- ческое	Гид- равли- ческое	Меха- ниче- ское	Гид- равли- ческое
Вес скрепера (в килограммах) . . . . .	1 650	2 100	4 750	6 000	6 000	9 020

Производительность скреперов может быть определена по формуле:

$$П = \frac{3600 \cdot q \cdot K_n \cdot n \cdot K_B}{t}$$

где  $П$  — производительность скреперного агрегата (поезда) в куб метрах за час;

$q$  — емкость скрепера в куб. метрах;

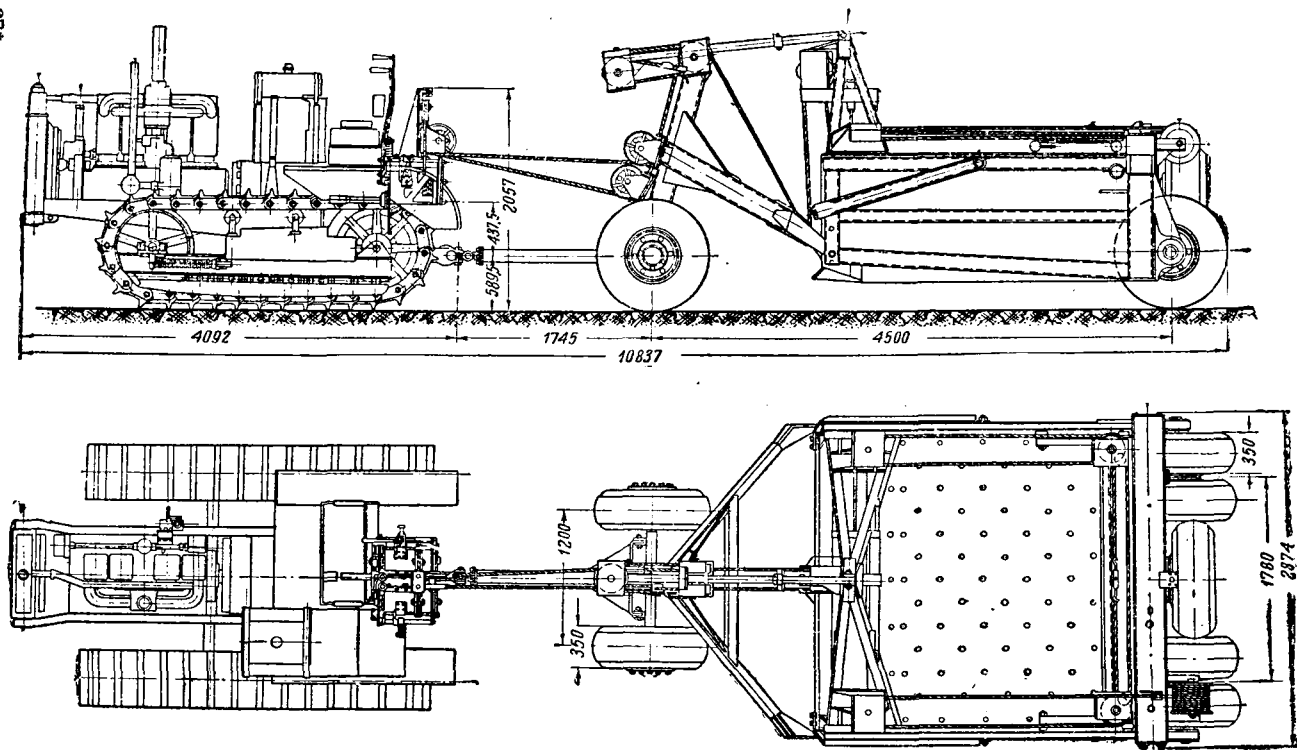


Рис. 181б. Тракторный колесный скрепер емкостью 6 м<sup>3</sup>, завода «Дормашина».

где  $K_n$  — коэффициент наполнения ковша с учетом разрыхления грунта (см. таблицу значений коэффициента);  
 $n$  — число скреперов в прицепе;  
 $K_B$  — коэффициент использования скрепера по времени в течение смены;  
 $t$  — продолжительность одного рейса в секундах.

*Средние ориентировочные значения коэффициента  $K_n$  скреперов*

Тип скрепера	Категория грунтов			
	I	II	III	IV
Ползунковый . . . . .	0,97—0,92	0,88—0,82	0,83—0,77	0,79—0,72
Колесный . . . . .	0,88—0,8	0,80—0,7	0,75—0,6	0,70—0,55

*Производительность колесных скреперов емкостью 0,75 м<sup>3</sup> на устройстве выемок и дамб каналов при тяге трактором ЧТЗ (в куб. метрах за час) (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)*

Высота дамб или глубина выемок (в метрах)	Категория грунтов			
	I—II		III—IV	
	Число скреперов в поезде			
	3	4	3	4
до 1,5 . . . . .	39	46	35	39
1,5—3,0 . . . . .	32	37	28	31
3,0—5,0 . . . . .	27	32	24	28

Примечание. При работе во влажных, липких грунтах, а также в грунтах, разбивающихся в пыль, производительность снижается на 15—25%.

## § 126. Конные скреперы

Конный скрепер-волокуша представляет собой металлический совок, в задней части которого с боковых сторон прикреплены обоймы для помещения в них ручек для управления скрепером.

В передней части боковых стенок приклепываются крюки для упряжного приспособления с вальком. Конные волокуши распространены следующих типов:

Емкость (в кубометрах)	Вес (в килограммах)	Количество лошадей в упряжке
0,07 . . . . .	40	1
0,10—0,12 . . . . .	50	2
0,14—0,20 . . . . .	60	2—3

Работа производится звеньями по 3—10 скреперов в звене.

Наибольшее распространение на работах имеют скреперы емкостью 0,1—0,12 м<sup>3</sup>. Обслуживание производится следующим персоналом: на каждый скрепер 1 погонщик и 2 лошади, на каждое звено — 3 рабочих, производящих работу по управлению скрепером во время загрузки, опрокидывающих скрепер для разгрузки и подготавливающих скрепер для погрузки.

*Производительность скрепера емкостью 0,1—0,12 м<sup>3</sup> по обмеру в плотном теле (в куб. метрах за 8 часов)*  
(ЕНВ и Р, 1939 г., § 2—52)

Категория грунта	Дальность возки (в метрах)							
	15	20	30	40	50	60	70	80
I—II	67	57	47	40	32	27	23	20
III	50	44	36	32	27	23	20	18

*Примечание.* Разность высот перемещения свыше первых 2 м учитывается удлинением дальности возки на 1 м за каждые 0,20 см высоты.

*Производительность скрепера СШМ по обмеру в плотном теле (в кубических метрах за 8 часов)* (ЕНВ и Р, 1939 г., § 2—17)

Род грунта	Дальность возки (в метрах)									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
Песчаный . . . . .	400	296	240	200	168	144	130	117	108	
Глинистый . . . . .	352	248	208	172	144	128	112	100	92	

## § 127. Грейдер-элеваторы

Рабочее оборудование — плуг и элеватор (ленточный транспортер). Плуг в большинстве конструкций представляет стальной вогнутый диск, вращающийся или неподвижно закрепленный, диаметром 500—720 мм. Кроме дискового плуга, может быть установлен обыкновенный лемешный плуг. Длина элеватора — 5,3—8,25 м, ширина ленты — 0,68—1,2 м.

Движение ленты осуществляется:

- а) мотором, установленным на раме грейдера;
- б) от отъемника мощности трактора;
- в) от заднего колеса грейдера.

Управление рабочими операциями грейдер-элеватора — ручное или механизированное.

Для работы грейдера нужен гусеничный трактор 50—70 л. с. и для управления — один опытный рабочий (грейдерист), кроме тракториста. В ирригационном строительстве грейдер-элеватор может выполнять каналы в выемке, в полувыемке-полунасыпи и насыпи высотой до 2 м, а также может быть использован на погрузке грунта в приборы перемещения и на строительстве дорог.

Грейдер-элеватор применим при разработке связных грунтов, не содержащих древесных корней, валунов или крупного щебня, и непригоден для разработки сыпучих грунтов (песок, гравий) и липких — переувлажненных.

### Характеристика грейдер-элеваторов, производящихся в СССР

Ширина ленты элеватора (в метрах)	0,68	0,88	1,200
Длина элеватора (в метрах)	5,35	6,83	6—8,25
Диаметр диска плуга (в метрах) . . . . .	0,5	0,5	0,71
Движение ленты транспортера . . . . .	От заднего колеса грейдера	От отъемника мощности трактора или от колес грейдера	От специального мотора на грейдере У-5 40 л. с.
Управление рабочими операциями грейдера .	Ручное	Ручное	Механизированное
Год производства и завод-изготовитель . . .	Им. Добродеева, 1932—1934 гг.	«Дормашина», 1935—1936 гг.	«Дормашина», с 1937 г.
Габаритные размеры (в метрах): ширина . . . . . длина . . . . . высота . . . . .	5,9 6,4 2,5	3,0* 6,7 3,0	3,9* 7,4 3,0
Ширина хода задних колес (в метрах) . . . . .	2,2	2,51	2,77—3,77 (переменная)
Задние колеса (в метрах): диаметр . . . . . ширина обода правого » » левого .	1,3 0,33 0,25	1,32 0,3 0,2	1,32 0,60 0,30
Вес грейдера (в килограммах) . . . . .	3 500	6 750	10 000

\* Без элеватора.

**Производительность грейдер-элеваторов при тяге трактором ЧТЗ-60 на устройстве дамб и выемок каналов (в отвал) (в куб. метрах за час) (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)**

Тип грейдер-элеватора	Ширина ленты элеватора (в метрах)	Глубина канала или резерва (в метрах)	Рабочий ход в прямом и обратном направлении			Рабочий ход в одном направлении		
			Категория грунта			Категория грунта		
			I	II	III	I	II	III
Без мотора (движение ленты от заднего колеса грейдера)	0,88	до 0,7	85	71	60	48	40	34
		более 0,7	64	53	46	36	30	26
Без мотора (движение ленты от отъемника мощности трактора)	0,88	до 0,7	128	106	90	72	60	51
		более 0,7	96	80	69	54	45	39
С мотором . . . . .	1,18	до 0,9	185	147	118	105	83	67
		более 0,9	139	110	88	79	62	50

Примечание. При тяге трактором ЧТЗ-65 производительность увеличивается на 13—15%.

**Производительность грейдер-элеваторов при тяге трактором ЧТЗ-60 с погрузкой грунта в приборы перемещения (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы на 1940 г.)**

Тип грейдер-элеватора	Ширина ленты элеватора (в метрах)	Длина рабочего хода (в метрах)	Наименование приборов перемещения								
			ЗИС-5			Самовал ЯС			Тракторные прицепы емкостью 5 м <sup>3</sup> и более		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III
Без мотора (движение ленты от заднего колеса грейдера) . . . . .	0,88	{ 100	56	47	40	57	49	41	60	50	43
		{ 200	65	55	47	67	57	49	70	59	51
		{ 300—1 000	73	63	53	76	65	55	80	69	58
Без мотора (движение ленты от отъемника мощности трактора)	0,88	{ 100	80	68	58	83	71	60	87	73	62
		{ 200	94	80	68	97	83	71	102	86	74
		{ 300—1 000	106	91	77	110	94	80	116	100	84
С мотором . . . . .	1,18	{ 100	108	91	73	116	95	77	124	101	82
		{ 200	124	105	84	133	110	90	145	119	97
		{ 300—1 000	137	119	94	149	124	102	161	135	110

Примечание. При тяге трактором ЧТЗ-65 производительность увеличивается на 8—10%.

## § 128. Грейдеры (прицепные)

Рама грейдера (прямая и изогнутая) укреплена на четырехколесном ходу. Рабочий орган — нож.

При изогнутых рамах удорожается конструкция, но имеется возможность в больших пределах изменять положение ножа. При разработке значительных выемок желательно изменить наклон колес, что и предусмотрено в средних и тяжелых моделях. Управление работой грейдера производится грейдеристом. Для отделки разработанной выемки на одном конце ножа устанавливается особый откосник. При необходимости ножи грейдера удлиняются постановкой удлинителей.

Тяжелыми грейдерами с ножом длиной 3,66 м возможно разрабатывать каналы глубиной до 1,1 м и шириной по дну до 1,5 м. Разработка таких каналов требует в средних (по связности) грунтах около 70 проходов грейдера. Возможна разработка грейдерами и более широких каналов, но за счет падения производительности. Производительности, приводимые ниже, даны для разработки каналов, шириной по дну до 1 м.

### Классификация грейдеров и основные характеристики

Типы грейдеров	Вес грейдеров (в килограммах)	Длина ножа (в метрах)	Потребная эффективная мощность трактора (лош. сил)	Тип трактора
Очень тяжелые . . . . .	5 300	4,27	75	Гусеничные
Тяжелые . . . . .	4 200—3 400	3,66	60—50	»
Тяжелые . . . . .	3 300—2 800	3,05	60—45	Гусеничные
Средние . . . . .	{ 2 500—1 900 1 500—1 100	2,76—2,44	35—30	»
		2,21—2,13	25—20	Гусеничные или колесные
Легкие . . . . .	700—500	2,44— 2,13— 1,83	20	То же

### Характеристика грейдеров, изготавливаемых заводами Главстроймаша

	Тип грейдера					
	Средний		Тяжелый		ГТГ	
	М о д е л ь					
	ГС	ГСМ	ГТ	ГТМ		
Управление . . . . .	Ручное		Ручное		Гидравлическое	
Длина ножа (в метрах) .	2,54	3,0	3,66	3,66	3,66	
Угол наклона при установке его для срезки косогоров (градусов) .	75°	60°	75°	60°	60°	
Длина (в метрах) . . . . .	7,91	8,75	9,15	9,20	9,2	
Ширина » . . . . .	2,45	2,85	3,00	3,06	2,65	
Высота » . . . . .	2,25	2,30	2,35	2,35	2,25	
Вес (в килограммах) . . .	2 735	3 500	4 300	4 200	5 200	
Трактор . . . . .	СТЗ-НАТИ	СТЗ-НАТИ	ЧТЗ	ЧТЗ	ЧТЗ	

Примечание 1. Грейдеры — средние и тяжелые имеют дополнительное оборудование — откосники и удлинители.

Примечание 2. Тяжелый грейдер с гидравлическим управлением снабжен бензиновым двигателем мощностью 6 л. с. Рабочее давление гидравлической системы — 20 атм.

Грейдеры применяются на профилировании дорог, разработке каналов, снятии растительного слоя под основание дамб, насыпке валиков, планировке дамб и выемок и на планировке площадей.

*Производительность тяжелых грейдеров при тяге трактором ЧТЗ-60 на разработке каналов (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)*

Глубина выемки канала в метрах	Категория грунта		
	I—II	III	IV
До 0,6 . . . . .	69	69	31
» 0,9 . . . . .	58	42	27
» 1,1 . . . . .	51	36	23

Примечание. Затраты времени на установку откосника не учтены. При работе с трактором ЧТЗ-65 производительность увеличивается на 13%.

*Производительность грейдеров при тяге трактором ЧТЗ на устройство валиков (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)*

Тип валика	Резервы	Тяжелый грейдер при тяге трактором ЧТЗ		Средний грейдер при тяге трактором СТЗ-НАТИ	
		Категория грунта			
		I—II	III	I—II	III
Поперечный . . .	{ Односторон- ный . . . . . Двусторон- ный . . . . .	47	35	—	—
		76	57	37	29
Продольный . . .	{ Односторон- ный . . . . . Двусторон- ный . . . . .	78	59	—	—
		110	84	61	46

Примечание. Производительность указана на работах по устройству валиков высотой 0,4—0,5 м с резервами глубиной — 0,2 м. При замене трактора ЧТЗ-60 на ЧТЗ-65 производительность увеличивается на 13%.

## § 129. Бульдозеры

Бульдозеры применяются на засыпке рвов, капав и ям, на выравнивании грунта и на перемещении грунта на небольшие расстояния.

Бульдозер является съемным орудием к гусеничному трактору (ЧТЗ). Он состоит из трех основных частей: ножа с отвалом, рамы и подъемного

механизма. Бульдозеры с ручным приводом могут быть изготовлены в мастерских строительства. Такой бульдозер показан на рис. 182.

Заводами изготавливаются бульдозеры с гидравлическим и ручным управлением. Крепление ножа с рамой на тракторе предусматривает возможность установки ножа под различными углами к оси трактора ( $90 - 45^\circ$ ), а также изменения угла резания. Изменение углов уста-

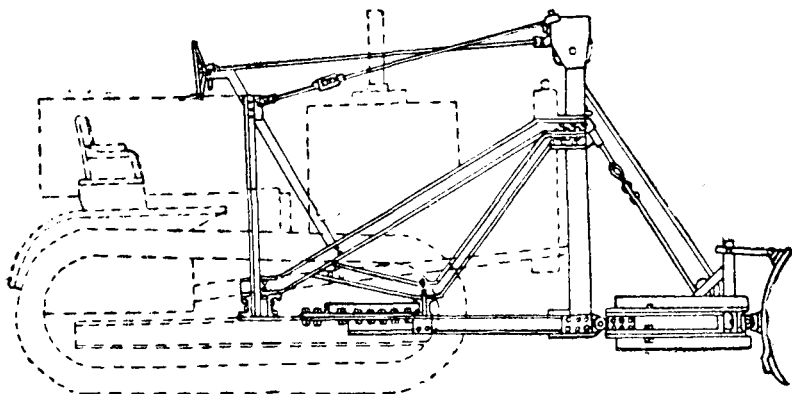


Рис. 182. Бульдозер с ручным управлением.

новки ножа как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях производится вручную во время остановок трактора. Управление гидравлическим механизмом (подъем и опускание ножа) производится трактористом во время работы без остановок. Ручное управление бульдозера требует специального рабочего.

*Характеристика бульдозеров с гидравлическим управлением, изготавливаемых заводом «Дормашина»*

**Размеры ножа с отвалом:**

Длина (максимальная ширина захвата в метрах) . . . . .	3,0
Высота (в метрах) . . . . .	0,97
Максимальный подъем ножа (в метрах) . . . . .	0,44
Максимальное заглубление ножа (в метрах) . . . . .	0,2
Углы установок ножа в плане (относительно оси трактора) (в градусах) . . . . .	90; 80; 67; 45
Углы резания (относительно вертикали) . . . . .	70; 60; 50; 40
Скорость подъема ножа (в сантиметрах в 1 секунду) . . . . .	6,6
Вес бульдозера (без трактора) (в килограммах) . . . . .	2 800
Давление масла (в атмосферах) . . . . .	20
Трактор . . . . .	ЧТЗ
Завод-изготовитель . . . . .	«Дормашина»

Основное отличие работы бульдозеров от грейдеров в том, что трактор бульдозера проходит по выравненной поверхности (трактор

идет позади ножа), в то время как при работе грейдера трактор идет вперед ножа.

*Производительность бульдозеров  
(ЕНВир, 1939 г., § 2—23).*

Засыпка траншей и котлованов и перемещение выгруженного грунта		Разравнивание грунта на насыпях	
Расстояние перемещения (в метрах)	Производительность (в куб. метрах за час)	Длина планируемой площади (в метрах)	Производительность (в кв. метрах за час)
5	100	20	1 370
10	80	30	1 610
15	60	40	1 730
20	50	50	3 570
25	40	75	4 000
30	35	100	4 350
35	30		

**§ 130. Плужные канавокопатели**

Плужный канавокопатель «Дормашина» (канавокопатель двустороннего отвала) состоит из двухколесной тележки, на колесчатой оси которой подвешен двухотвальный плуг (рис. 183).

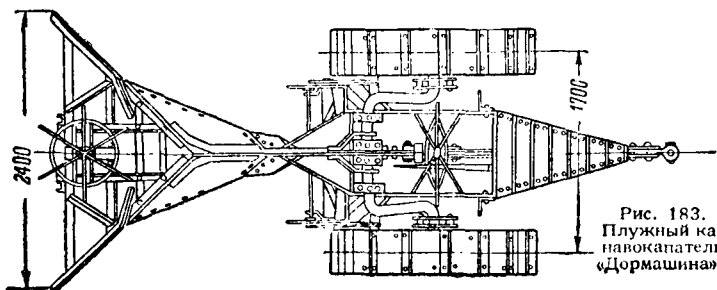
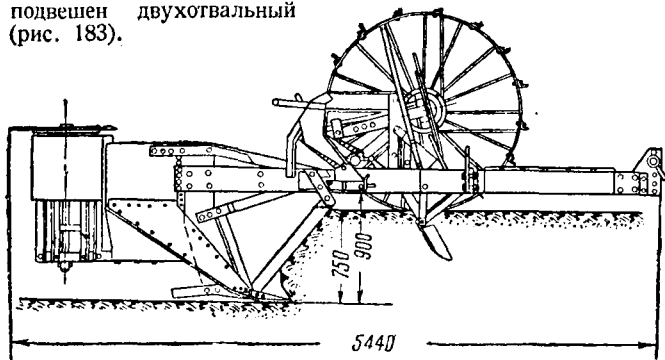


Рис. 183.  
Плужный канавокопатель «Дормашина».

Управляет канавокопателем тракторист, который при помощи натяжения веревок может поднять орудие из рабочего положения в транспортное и опустить его в рабочее положение. Канавокопатель в заводском оформлении разрабатывает

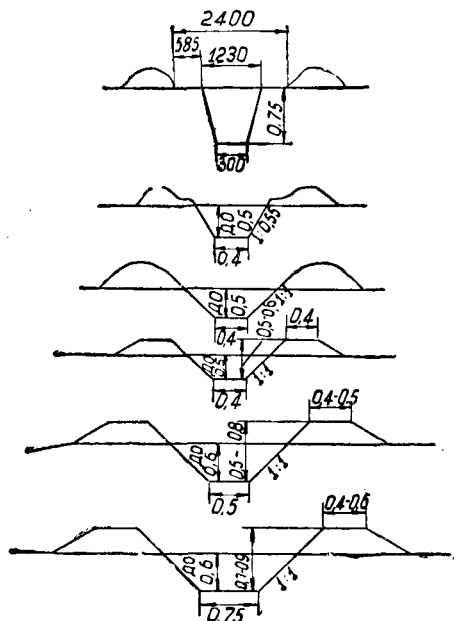


Рис. 184. Поперечное сечение каналов, выполняемых канавокопателями плужного типа.

выемку шириною по дну 0,3 м, глубиною до 0,75 м с заложением откосов 1:0,62. Для использования канавокопателя на постройке ирригационных каналов с заложением откосов 1:1 и положе отвалы и крылья канавокопателей увеличиваются. При уширенных отвалах разрабатываются каналы шириною по дну 0,3—0,75 м с откосами 1:1 и 1:1,25 (рис. 184).

С 1939 г. заводом «Дормшина» выпускаются канавокопатели с гидравлическим управлением.

При тяге трактором ЧТЗ канавокопатель выполняет каналы (за 1—2 прохода) шириною по дну 0,3—0,4 м и требует до 6 проходов при разработке более широких каналов (при увеличенном лемехе и отвалах).

Заводом им. Гуси-Гаджаева в Баку осваивается изготовление канавокопателя конструкции Мазур. Этот канавокопатель снабжен сильно развитыми раздвиж-

ными отвалами, позволяющими разрабатывать каналы различной ширины до 1,2 м по дну.

#### Характеристика плужных канавокопателей

Тип канавокопателя	«Дормшина»	«Мазур»	Тип канавокопателя	«Дормшина»	«Мазур»
Габаритные размеры (в метрах):			Область применения:		
длина . . . . .	5,1	4,3	ширина канала по дну (в метрах) . . . . .	0,3 (0,3—0,75)	до 1,2
ширина . . . . .	2,0	3,9	глубина (в метрах) . . . . .	0,7 (0,8)	0,8
высота . . . . .	1,65	0,6	крутизна откосов . . . . .	1:0,82 (1:1 и положе)	1:1
Вес (в тоннах) . . . . .	2,5	—			

Примечание. В скобках указаны данные при увеличенных отвалах и измененном лемехе.

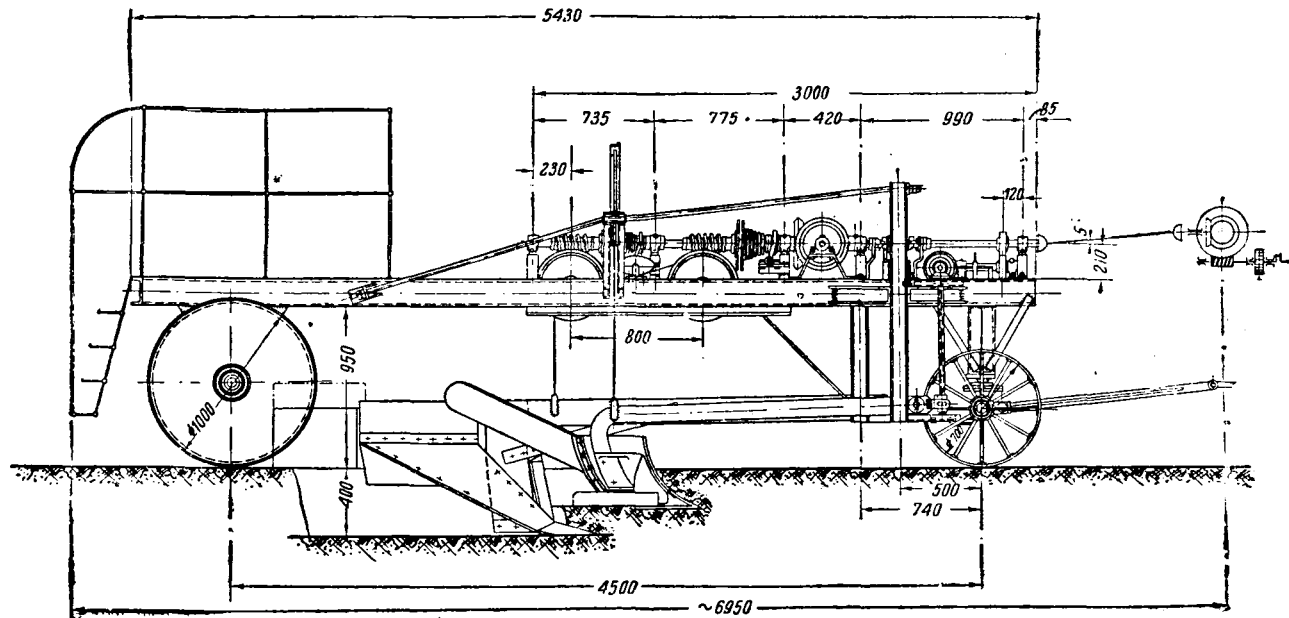


Рис. 184а. Канавокопатель для картовых оросителей ВНИИГиМ (схема — вид сбоку).

Канавокопатель конструкции Мазур показал хорошие результаты на работах по очистке каналов. Канавокопатель работает на прицепе одного трактора ЧТЗ или двух тракторов ЧТЗ, СТЗ-НАТИ, СТЗ-ХТЗ.

*Производительность плужных канавокопателей на устройстве каналов* (в куб. метрах за час) (проект норм НКЗ СССР па ирригационно-мелиоративные работы 1940 года)

Количество тракторов ЧТЗ	Сечение разрабатываемых каналов (в кв. метрах)	Производительность при категории грунтов	
		I—II	III—IV
1	{ 0,25—0,4 0,41—0,6 0,61—0,9	172	135
		208	170
		250	213
2	0,91—1,25	323	278

Успешно работают, кроме указанных канавокопателей, кустарные плужные канавокопатели. Например, в Киргизской ССР испытан канавокопатель «Карпенко», изготовлены канавокопатели «Жеричек» и др. Канавокопатель «Карпенко» смонтирован на раме грейдера. Рабочими органами канавокопателя являются двусторонний плужный корпус, установленный посередине, и односторонние плуги с боков.

Средний и боковые плуги регулируются независимо друг от друга. Регулирование глубины во время хода возможно в пределах 0,25 м. Уширенные задние колеса, проходя по дамбочкам, уплотняют их.

Работает канавокопатель с трактором ЧТЗ. Для обслуживания, кроме тракториста, необходим рабочий на канавокопателе. За 1 проход канавокопателем выполнялся ороситель, шириною по дну 0,4 м и глубиною 0,25 м при полукорных откосах; Средняя производительность за

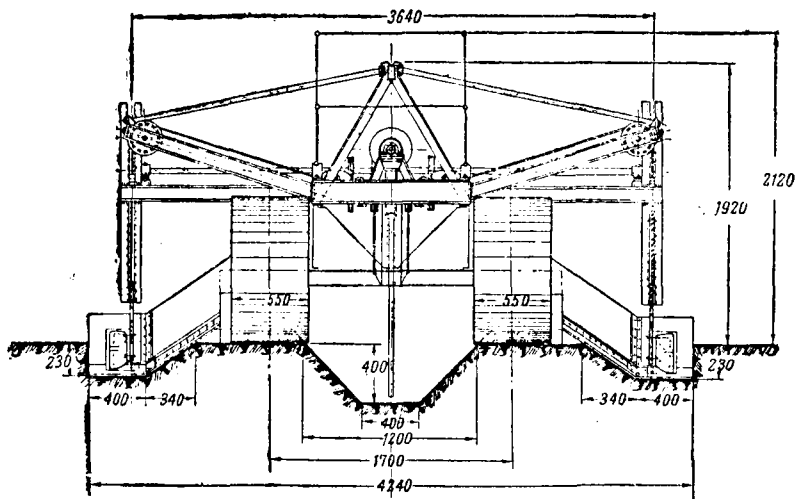


Рис. 1846. Канавокопатель для картёвых оросителей ВНИИМ (схема — вид сзади).

восьмичасовую смену — около 1 800 м<sup>3</sup> выемки разрыхленного грунта. Ручная поделка составляет около 5%.

ВНИИГиМ разработал и передел для изготовления канавокопатель для картовых оросителей (рис. 184а и 184б). Этот канавокопатель, аналогично вышеописанному, имеет два боковых односторонних плуга и один средний двусторонний плуг. Канавокопатель рассчитан для разработки каналов шириною по дну 0,4 м и глубиною выемки до 0,4 м, с дамбочками до 0,5 м.

Механизированное управление рабочими органами канавокопателя с использованием мощности трактора позволяет осуществлять изменение глубин разработки во время движения. Тягач канавокопателя — трактор ЧТЗ.

Для сооружения распределительных борозд овощных культур с расходом 15—25 л/сек. заводом «Красный Октябрь» (Одесса) был сделан канавокопатель Николаенко.

Канавокопатель за 1 проход дает борозду шириною по дну 0,2 м и глубиною до 0,25 м при ширине дамбочек 0,1—0,25 м. Для работы требуется колесный трактор 15/30 л. с. По снятии основного плуга описанные канавокопатели боковыми корпусами могут насыпать валики; насыпкой двух параллельных валиков могут создаваться оросители с мощными дамбочками и значительными ширинами по дну.

### § 131. Канавокопатели-волокуши одностороннего отвала

Канавокопатели-волокуши одностороннего отвала являются простыми и дешевыми орудиями. Канавокопатели, кроме тракториста, требуют для обслуживания 2—3 человек. При разработке канала канавокопатели, следуя за рельефом местности, не дают проектного уклона. Канавокопатели требуют предварительного разрыхления на полную глубину разработки.

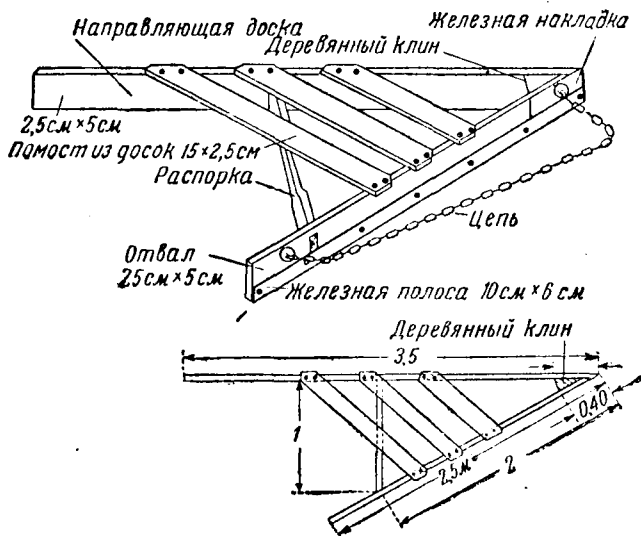


Рис. 185а. Деревянный канавокопатель.

Рабочий орган орудия — отвал.

В зависимости от разрабатываемого профиля эти канавокопатели делятся на канавокопатели, дающие канал треугольного сечения и канал трапециoidalного сечения.

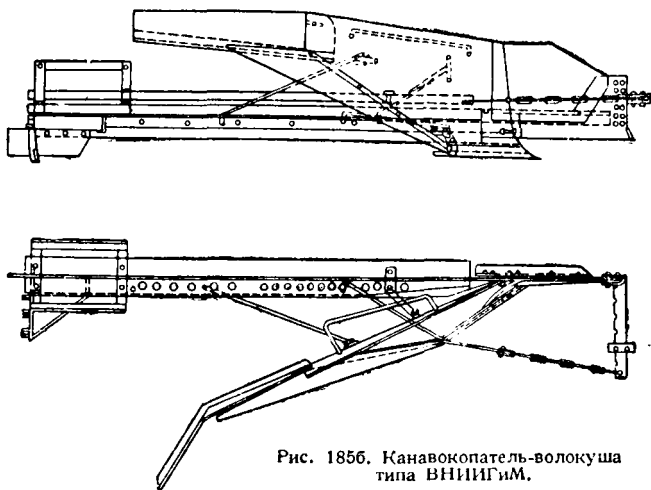


Рис. 185б. Канавокопатель-волокуша типа ВНИИГиМ.

Канавокопатель, известный под названиями «лотковый», «мартин-волокуша», дает каналы треугольного сечения. Отвал канавокопателя имеет два съемных лемеха. По износе одного лемеха канавокопатель переворачивается и работает вторым лемехом. Отвал может быть удлинен наращиванием доски. Некоторые модели в передней части руля имеют режущий диск. Канавокопатель требует тяги трактора мощностью

в 20—30 л. с. Прицепляется канавокопатель к трактору при помощи упряжной цепи, длина которой должна быть не менее 3 м при ходе трактора по оси канала и увеличивается до 7 м при ходе трактора по бровке. Канавокопателем возможно выполнение каналов треугольного профиля с общей глубиной (выемка + насыпь) до 0,6 м.

При незначительных объемах работ может быть построен деревянный канавокопатель, изображенный на рис. 185а. Канавокопатель состоит из руля—доски 5×25 см, длиной 3,5 м, и отвала из такой же доски, длиной 2,5 м. Для получения режущего ребра и уменьшения износа отвальная доска окантовывается полосовым железом 0,5×10 см. Отвал

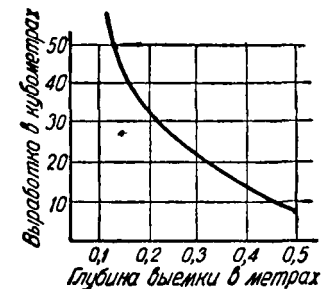


Рис. 186. Кривая падения выработки канавокопателя-волокуши по мере углубления канала.

с рулем соединяется под острым углом планками. Поверх канавокопателя для рабочего устраивается площадка. С внутренней стороны отвала укрепляются скобы, в которые вставляются стойки, дающие упор рабочему при наклонном положении канавокопателя. Для правильной работы орудия точка прикрепления тяги устанавливается так, чтобы длины

упряжных цепей имели отношение примерно 1 : 4. Канавокопатель применим для мелких каналов треугольного профиля.

Канавокопатели, дающие каналы трапециoidalного сечения, имеют руль по типу лоткового канавокопателя, отвал — ромбовидной формы. Угол между отвалом и рулем устанавливается двумя распорками. Третья распорка служит для изменения наклона отвала и угла резания. Отвал снабжен пятой для ограничения заглубления орудия. Канавокопателями разрабатываются каналы с одиночными откосами. Этого типа канавокопатели изготовлялись в детскосельских мастерских.

Аналогичные канавокопатели по проекту ВНИИГим (рис. 185б) изготовлялись кустарно в Азербайджане. В отличие от описанных выше, эти канавокопатели разрабатывают каналы с одиночными и полукторными откосами.

*Ориентировочная производительность канавокопателей-волокуш (в куб. метрах за час)*

Сумма высоты насыпи и глубины выемки при профиле полу-выемка-полунасыпь (в метрах)	Характеристика грунтов		
	Легко разрабатываемые	Средней трудности	Трудно разрабатываемые
0,4—0,6	76	55	30
0,6—0,8	55	40	21

Выработка волокушных канавокопателей сильно понижается по мере углубления канала (рис. 186). В настоящее время канавокопатели-волокуши с производства сняты, как не удовлетворяющие требованиям советского строительства.

## § 132. Валикоделатели

Для насыпки валиков применяются валикоделатели (риджеры), захватывающие грунт двумя под углом расположенными плоскостями, щеками. Они сгребают грунт к середине, одновременно уплотняя его и образуя валик.

Большое распространение имеют деревянные валикоделатели разнообразных размеров. Внутренние поверхности щек деревянных валикоделателей обиваются железом. На рис. 187 показан валикоделатель для трактора 60 л. с.

При тяге маломощными тракторами валикоделатели дают высоту валика около 15 см, при мощных тракторах высота валиков доходит до 35—40 см.

Деревянные валикоделатели заглубляются собственным весом без регулировки глубины заглубления; не имея колесного хода, они тяжелы при перевозках и холостых переходах.

Примером валикоделателей, сделанных из железа, может служить металлический риджер фирмы «Дниуба». Он состоит из рамы, двухколесного хода с коленчатой осью, рычагов управления, приводимых в действие во время хода, и двух съемных щек, прикрепленных к раме. Работа риджерами производится по разрыхленному грунту. Риджер может быть легко переоборудован на валикоразравниватель заменой щек риджера на два отвала со стойкой.

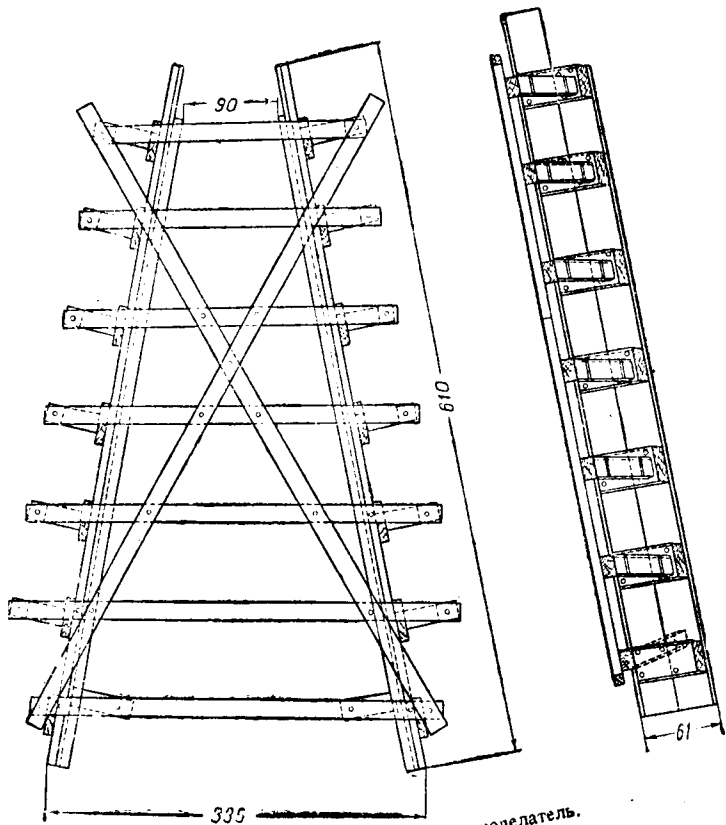


Рис. 187. Деревянный валикоделатель.

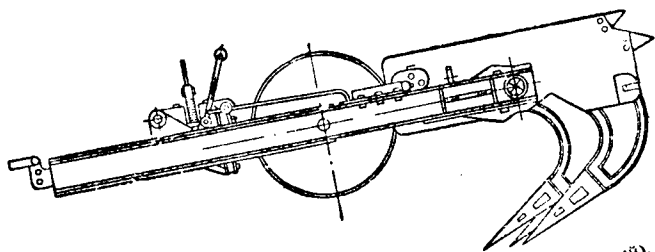


Рис. 188. Дорожный риппер с откидными зубьями (реторный).

Перемонтированный риджер за один проход разравнивает валик на две стороны, обратно в резервы, из которых был взят грунт на сооружение валика.

Производительность валикоделателей с тракторами (при валике, насыпаемом за 1 проход) — до 3 000 пог. м в час.

### § 133. Разрыхлители

Разрыхление грунта по дамбам и предварительное разрыхление грунта, необходимое при работе скреперов, канавокопателей-волокуш и других орудий, производится с.-х. плугами, дорожными плугами и специальными разрыхлителями.

*Производительность тракторных плугов на работах по устройству каналов (в куб. метрах за час)*

(проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)

Наименование выполняемой работы	Категория грунтов	Т и п п л у г а					
		Двухкорпусный			Трехкорпусный		
		Глубина вспашки (в сантиметрах)					
		10	15	20	10	15	20
Разрыхление растительного слоя . . . . .	{ I II	188	278	370	278	417	556
		145	217	285	217	322	435
Разрыхление грунта для скреперов (при работе плуга одновременно со скреперами) . . . . .	{ I-II III-IV	72	108	145	108	161	217
		64	97	128	97	145	192

Дорожные плуги отличаются от обычных с.-х. плугов тем, что имеют более мощные рамы и другие детали — нож, лемех, отвал.

Спереди дорожные плуги имеют ползун (регулятор глубины вспашки) и прицепку.

К числу специальных разрыхлителей относятся: рипперы, рутеры и глубокооразрыхлители.

Риппер простой и с откидными зубьями (роторный) (рис. 188) предназначается для разрыхления твердого грунта, для взлома дорожной одежды, для расчистки поверхности после корчевки от корней мелко-лесья.

Рипперы обычно снабжаются пятью зубьями, причем ширина разрыхляемой полосы за один проход равна 1,5 м при глубине до 0,3 м. Вес больших моделей риппера превышает тонну.

Тип тягача — трактор ЧТЗ. Опускание и подъем рамы выполняются трактористом при помощи двух веревок, идущих от двух рычагов управления риппера.

Производительность риппера с пятью стойками при тяге трактором ЧТЗ-60 при разрыхлении грунта в лесистой местности за восьмичасовой

рабочий день при длине участка в 100 м — 4 000 м<sup>3</sup>, при длине 200 м — 4 720 м<sup>3</sup> и 500 м — 5 320 м<sup>3</sup>.

Рутер служит для разрыхления каменных, гравелистых и других тяжелых грунтов, для вырывания корней, небольших шпей и пр.

Рутер имеет 1 зуб длиной 945—1 000 мм, прямоугольного сечения 100×32 мм, из твердой углеродистой стали. Зуб заострен с двух сторон, что позволяет работать обоими концами. Зуб укреплен на грядиле, представляющем прочную стальную отливку, длиной 1 540 мм. Впереди зуба на грядиле установлены салазки, которые служат для регулирования глубины погружения зуба в грунт. Вес рутера — 240 кг. Потребная мощность трактора — не менее 30 л. с.

Для обслуживания рутера, кроме тракториста, требуется 1—2 рабочих.

Производительность рутера в тяжелых сцементированных глинах — от 800 до 1 000 м<sup>3</sup> за восьмичасовую рабочую смену при длине участков соответственно 100—500 м.

Широкого применения рипперы и рутеры на ирригационных работах не имеют.

Глубокорыхлитель состоит из рамы, к задней части которой прикрепляются на болтах стойки прямоугольного сечения с приболченными внизу

долотами. Результат работы трехстоечного глубокорыхлителя показан на рис. 189. Глубина разрыхления — до 50 см. При трех стойках требуется тяга гусеничного трактора в 60 л. с.

Формула производительности разрыхлителей:

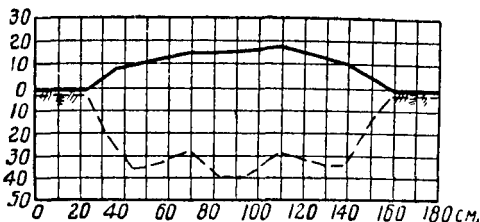


Рис. 189. Поперечный профиль, выполненный трехстоечным глубокорыхлителем за 1 проход.

$$P = \frac{60 \cdot v \cdot h \cdot L \cdot k_{\text{в}}}{\frac{L}{v} + t}$$

где  $P$  — производительность разрыхлителя в куб. метрах за 1 час;

$v$  — ширина захвата в метрах;

$h$  — глубина рыхления в метрах;

$L$  — длина обрабатываемого участка в метрах;

$v$  — скорость движения трактора с разрыхлителем в метрах в минуту;

$t$  — продолжительность поворота трактора с разрыхлителем в конце участка в минутах;

$k_{\text{в}}$  — коэффициент использования разрыхлителей по времени в течение смены.

## § 134. Тракторы, автомашины и саморазгружающиеся тракторные повозки

Тяговой силой при выполнении работ прицепными землекопными машинами, описанными выше, служат колесные и гусеничные тракторы. В таблице на стр. 437—438 приведены характеристики тракторов, грузовых автомобилей и тракторных повозок, выпускаемых заводами СССР и используемых также и для строительных целей,

## Характеристика тракторов

Наименование	Тип трактора					
	Гусеничный	Колесный	Гусеничные			
	Марка трактора					
	«Универсал-3»	ХТЗ-СТЗ	СТЗ-НАТИ сельскохозяйственный 1-ТА	СТЗ-НАТИ транспортный 2-ТА	ЧТЗ С-60	ЧТЗ дизельный С-65
Нормальная мощность (лош. сил):						
на шкиве . . . . .	25	30	46	46	60	65*
на крюке . . . . .	16	15	38—32	—	50	52
Число оборотов в минуту . . . . .	—	1 050	1 250	—	650	850
Скорость в километрах в час:						
I . . . . .	3,07	3,5	3,82	2,19—3,19	3,0	3,6
II . . . . .	3,72	4,5	4,52	3,86—6,20	4,2	4,85
III . . . . .	4,44	7,4	5,28	8,12—13,0	5,9	6,95
IV . . . . .	5,74	—	8,04	13,59—21,8	—	—
V . . . . .	—	—	—	20,91—33,5	—	—
Задний ход . . . . .	1,44	4,2	3,12	3,15—5,0	2,2	2,5
Тяговые усилия на крюке (в килограммах):						
при скорости I . . . . .	1 500	1 200	2 600	—	4 450	4 000
II . . . . .	1 300	900	2 000	—	3 325	2 800
III . . . . .	1 000	700	1 600	—	2 320	1 800
IV . . . . .	600	—	1 000	—	—	—
Шкив: диаметр (в миллиметрах)	—	428	340	—	410	320
ширина . . . . .	—	230	250	—	—	—
Число оборотов шкива в минуту . . . . .	—	655	735	—	650	850
Вал отбора мощности — число оборотов в минуту . . . . .	—	—	526	—	285—	—
Емкость бака (в литрах):						
бензинового . . . . .	—	3,5	9	9	546	7,5
лигроинового . . . . .	—	—	—	—	16	—
керосинового . . . . .	—	70	170	170	390	—
дизельного топлива . . . . .	—	—	—	—	—	300
Габаритные размеры трактора (в миллиметрах):						
длина . . . . .	—	3 485	3 698	4 092	4 090	4 086
ширина . . . . .	—	1 685	1 861	1 809	2 395	2 416
высота . . . . .	—	2 450	2 211	1 563	2 770	2 775
Чистый вес трактора (в килограммах) . . . . .	—	2 680	4 800	—	9 500	—
Вес в рабочем состоянии (в килограммах) . . . . .	2 500	3 000	5 100	—	—	11 204
Удельное давление задних колес или гусениц на грунт (в килограммах на 1 см <sup>2</sup> ) . . . . .	—	0,88	0,33	—	0,47	0,52
Расход топлива на 1 л. с., в час (на шкиве) при нормальной работе двигателя (в граммах) . . . . .	—	315	315—320	—	340	220

\* Трактор ЧТЗ-65 имеет пусковой мотор мощностью 18 л. с.; топливо—бензин

### Характеристика грузовых автомобилей

Наименование	М а р к а а в т о м о б и л я					
	Газ-АА	ЗИС-5	ЯГ	С а м о с в а л ы		
				ГАЗ-С-1	ЗИС-5	ЯС-1
Грузоподъемность (в тоннах) . . . . .	1,5	3	5	1,25	3	4
Максимальная мощность (в лошадиных силах) . . . . .	40	73	73	40	73	73
Максимальная скорость (в километрах в 1 час) . . . . .	37	60	42	37	60	42
Габаритные размеры (в метрах):						
длина . . . . .	5,33	6,06	6,50	8,00	8,60	8,00
ширина . . . . .	2,03	3,25	2,50	4,67	—	6,24
высота . . . . .	1,78	2,16	2,55	1,96	—	2,28
База автомобиля (в метрах) . . . . .	3,34	3,81	4,20	3,34	3,81	4,20
Колея передних колес (в метрах) . . . . .	1,40	1,52	1,78	1,40	1,52	1,75
Колея задних колес (в метрах) . . . . .	1,42	1,67	1,86	1,42	1,67	1,76
Кузов (в метрах):						
длина . . . . .	2,45	3,08	3,78	1,82	3,00	3,16
ширина . . . . .	1,87	2,08	2,20	1,52	1,93	1,90
высота бортов . . . . .	0,51	0,60	0,60	0,42	0,30	0,56
Высота бортов кузова над поверхностью земли (в метрах) . . . . .	—	1,84	—	—	—	—
Угол подъема платформы (в градусах) . . . . .	—	—	—	42—43	50	50
Вес автомобиля (в тоннах) . . . . .	1,65	3,10	4,75	1,92	5,64	1,92
Емкость бака горючего (в литрах) . . . . .	40	60	177	40	60	177
Завод-изготовитель . . . . .	—	Завод им. Сталина	—	—	—	—
Управление самосвалом . . . . .	—	—	—	Рычажное	Гидравлическое	Гидравлическое
Выгрузка . . . . .	—	—	—	Назад	Назад и на бок	Назад

### Характеристика саморазгружающихся тракторных повозок

Т и п и м а р к а	Главсельмаш НАТИ-(ТГП-13-Г)
Грузоподъемность (в тоннах) . . . . .	10
Емкость вровень с краями (в куб. метрах) . . . . .	4,64
» при насыпи с верхом (в куб. метрах) . . . . .	5,56
Габаритные размеры (в метрах):	
длина . . . . .	5,22
ширина . . . . .	2,99
высота до бортов . . . . .	2,01
Вес (в тоннах) . . . . .	5,8

## § 135. Расход горючего и смазочных материалов

Расход материалов при работе землеройных машин изменяется с изменением режима работы, грунтовых и других условий. В настоящем параграфе приводятся средние расходы материалов, отнесенные к сменному времени.

*Средний расход горючего и прочих материалов при работе одноковшовых экскаваторов за одну восьмичасовую смену*

Название материалов	Емкость ковша (в куб. метрах)					
	0,35	0,5	0,5	0,75	0,75	1,0
	Силовое оборудование					
	СТЗ-ХТЗ	ЧТЗ-60	ЧТЗ-65	Дизельный	Паровое	Паровое
Уголь (в килограммах) . . . . .	—	—	—	—	1613	2 534
Дрова для разжигания котла (в куб. метрах) . . . . .	—	—	—	—	0,3	0,4
Вода (в куб. метрах) . . . . .	—	—	—	—	12,1	19,0
Бензин (в килограммах) . . . . .	1,0	3,4	3,4	—	—	—
Лигроин (в килограммах) . . . . .	—	104,3	—	—	—	—
Дизельное топливо (в килограммах)	—	—	90,6	—	—	—
Дизельная смазка » »	—	—	4,9	—	—	—
Моторное топливо » »	—	—	—	96,8	—	—
Керосин » »	66,5	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6
Мазут смазочный » »	0,9	3,2	3,2	3,2	—	—
Вискозин » »	1,1	3,0	3,0	—	4,0	4,5
Автол » »	5,3	9,1	9,1	3,2	—	—
Машинное масло » »	—	—	—	2,6	—	—
Солидол » »	1,5	2,0	2,7	2,3	2,5	3,6
Графитная мазь » »	2,1	2,6	2,6	3,1	3,4	3,8
Канатная » »	1,1	1,6	1,6	1,3	1,4	1,7
Обтирочная » »	2,0	1,5	1,5	1,8	1,9	2,5
Трос » »	2,0	6,3	6,3	5,1	5,6	7,5

*Средний расход горючего для тракторов при работе их с землеройными прицепными машинами (в килограммах на час сменного времени)*

Наименование прицепных машин и условия работы	Марка трактора				Двигатель У-5
	ЧТЗ С-60	ЧТЗ С-65	СТЗ-НАТИ	СТЗ-ХТЗ	
	Лигроин	Дизельное топливо	Керосин	Керосин	Керосин
Плуги 2- и 3-корпусные	—	—	—	5,71	—
Бульдозер . . . . .	14,3	10,6	—	—	—
Грейдер-элеватор (без мотора):					
а) при работе в одном направлении . . . . .	13,3	9,5	—	—	—
б) при работе в обоих направлениях . . . . .	14,9	11,1	—	—	—

Наименование прицепных машин и условия работы	Марка трактора				Двигатель У-5
	ЧТЗ С-60	ЧТЗ С-65	СТЗ-НАТИ	СТЗ-ХТЗ	
	Лигроин	Дизельное топливо	Керосин	Керосин	Керосин
Грейдер-элеватор с мотором:					
а) при работе в одном направлении . . .	13,5	10,6	—	—	5,3
б) при работе в обоих направлениях . .	15,5	12,3	—	—	6,7
Ползунковые скреперы 0,75 м³ . . . . .	14,1	10,0	11,1	—	—
Ползунковые скреперы 0,36 м³ . . . . .	—	—	—	6,6	—
Колесные скреперы 0,75 м³ . . . . .	15,4	11,0	—	—	—
Грейдер тяжелый . . . .	14,3	10,6	—	—	—
» средний . . . . .	—	—	11,3	—	—
Канавокопатели:					
а) в грунтах I—II категории . . . . .	15,0	10,7	—	—	—
б) в грунтах III—IV категории . . . . .	15,5	12,2	—	—	—
Катки прицепные 3 т . . . . .	—	—	—	6,0	—
» » 5—6 » . . . . .	—	—	—	7,2	—
» » 9—10 » . . . . .	11,8	7,5	—	—	—

*Расход смазочных материалов и пускового бензина для работы тракторов (в процентном отношении от расхода основного горючего)*

Наименование материала	Марка трактора			
	ЧТЗ-65	ЧТЗ-60	СТЗ-НАТИ	СТЗ-ХТЗ
Дизельная смазка . . . . .	5,5	—	—	—
Автол . . . . .	6,0	6,5	8,0	8,0
Нигрол . . . . .	2,5	1,5	1,5	1,5
Солидол . . . . .	3,0	2,0	2,0	0,5
Бензин . . . . .	3,0	1,5	3,0	1,5

Примечание. Для пускового мотора трактора ЧТЗ-65 автол дан в процентах к расходу пускового бензина.

## **В. МЕХАНИЗИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СООРУЖЕНИИ ИРРИГАЦИОННОЙ СЕТИ**

### *Виды работ*

Производство земляных работ при сооружении ирригационной сети можно разбить на четыре части:

- а) подготовительные работы: разбивка земляных работ, очистка трас-

сы и резервов от растительности, удаление растительного слоя, разрыхление грунта под дамбами и планировка трассы;

б) основные работы: образование насыпей, разработка выемок и устройством каналов в полувыемке-полунасыпи;

в) сопутствующие работы: разрыхление грунта в выемке и в резервах, разравнивание отсыпаемого грунта, уплотнение грунта насыпаемых дамб и др.;

г) отделочные работы и сдача выполненных работ: планировка откосов, верха дамб, откосов и дна выемок, укрепление откосов и сдача выполненных работ.

При выполнении перечисленных работ могут быть использованы следующие землекопные машины: экскаваторы одноковшовые и многоковшовые, скреперные установки, скреперы тракторные и конные, грейдер-элеваторы, грейдеры, бульдозеры, канавокопатели, разрыхлители, утюги и катки. Краткое описание этих машин и нормы выработки указаны выше.

## § 136. Подготовительные работы

### 1. Разбивка земляных работ

Разбивка земляных работ производится с учетом особенностей машин, назначенных для производства работ на данном участке.

По особенностям машин, применяемых на земляных работах при сооружении ирригационной сети, разбивку земляных работ можно подразделить на три основные группы:

а) разбивка для прицепных машин, работающих в продольном направлении путем одного или нескольких проходов вдоль трассы канала на участках длиной 500—1 500 м (редко 250 м и менее) (грейдеры, канавокопатели и грейдер-элеваторы);

б) разбивка для прицепных машин, производящих работы путем перемещения грунта на коротких участках в поперечном направлении (скреперы);

в) разбивка для машин, производящих поперечное перемещение грунта с последовательным перемещением машины вдоль трассы (экскаваторы).

Каналы в плане состоят из ряда прямых участков, соединенных между собою кривыми. Прямолинейность выполнения канала при разработке прицепными машинами первой группы зависит главным образом от правильности первого прохода машин. При работе прицепная машина следует за трактором, т. е. прямолинейность движения прицепной машины зависит не от рабочего, управляющего землекопной машиной, а от тракториста, ведущего трактор. Направление движения тяжелых и средних грейдеров возможно регулировать в незначительных размерах, независимо от трактора, но все же этой регулировки недостаточно, и здесь необходимо соблюдать прямолинейность движения трактора. Для обеспечения прямолинейного движения землекопных машин выставляются вехи, указывающие направление движения трактора. Вехи выставляются с таким расчетом, чтобы при совпадении вех с серединой радиатора, положение рабочего органа прицепной машины совпадало с направлением, намеченным схемой разработки, т. е. вехи, определяющие путь трактора, выставляются в стороне от прохода рабочего органа на величину  $a$ , равную расстоянию от борозды, делаемой рабочим органом прицепной машины, до оси следования трактора.

На рис. 190 показаны типовые схемы разбивки для грейдер-элеватора с установкой вех для первых проходов трактора. Расстояние  $a$  для неко-

торых машин постоянно (грейдер-элеватор), а для некоторых изменяется. В последнем случае его удобнее всего определять непосредственным измерением после сцепки трактора с прицепной машинной и установки рабочего органа в требуемое для работ положение.

Для расстановки вех служит пикетаж, разбитый при трассировке. При работе землекопных машин осевые колышки пикетажа не сохраняются, почему для проверки правильности выполнения работ до начала работ пикетаж выносится в сторону, за черту проходов машины.

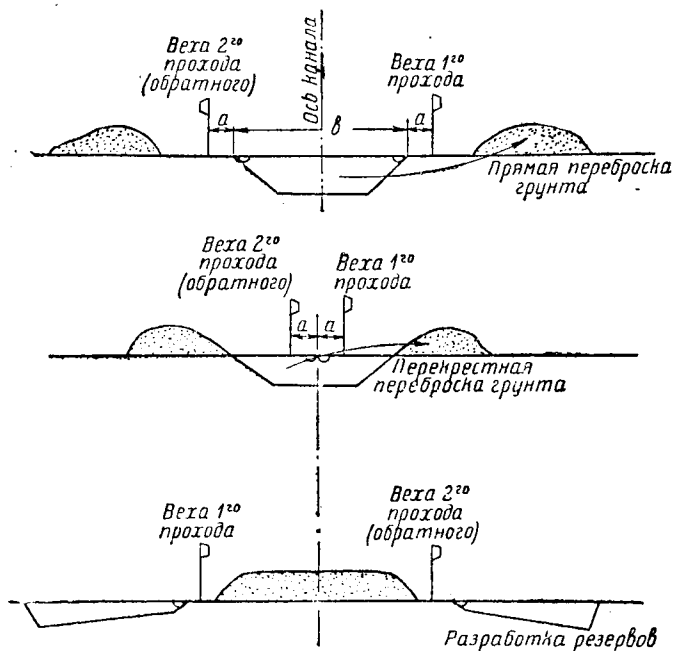


Рис. 190. Типовые схемы разбивки с установкою вех для первых проходов трактора при работе грейдер-элеватора.

При выносе пикетажа сохраняется постоянное расстояние относительных колышков от линии трассы.

Для скреперов и экскаваторов производится полная разбивка с показанием границ выемок (резервов) и кавальеров (дамб). При работе этих машин, и в особенности скреперов, необходим непрерывный контроль для обеспечения выполнения проектных элементов выемок и насыпей.

## 2. Срезка и удаление растительного слоя

Растительный слой, как правило, должен быть снят с площадей, занимаемых дамбами и резервами всех оросительных каналов. Иногда ограничиваются лишь удалением растительности и боронованием или рыхлением занимаемых дамбами площадей; наиболее правильным следует считать срезку растительного слоя.

Ширина полосы, с которой срезается растительный слой, определяется размерами дамб и резервов. Ширина последних во многих случаях зависит от способа работы по сооружению дамб.

Толщину срезаемого слоя следует назначать в зависимости от характера растительности на данном участке и ответственности канала. Наименьшая толщина срезки требуется под оросительные и распределительные каналы на степных землях на целине, где срезается слой около 4 см. На старопахотных землях с верхним засоренным слоем почвы толщина срезки не менее 6—8 см, на лашне — не менее 8—10 см. Под более ответственными дамбами срезается слой большей толщины, и толщина срезки задается при проектировании.

### *Способы работы по срежке и удалению растительного слоя*

1) Срезка и удаление растительного слоя грейдером; применяется при малых ширинах снимаемого слоя.

2) Срезка и сдвигка растительного слоя грейдером в валики, с последующей отвозкой скреперами; этот способ применяется при широких дамбах и резервах и незначительной толщине срезки.

3) Вспашка с.-х. плугом площади, где намечено удаление растительного слоя, с отвозкой вснаханного слоя скреперами; этот способ применяется при значительной толщине срезки.

При производстве срежки и удалении растительного слоя лучшие результаты дает тяжелый грейдер (по сравнению с другими грейдерами). Для срежки нож грейдера ставится горизонтально. Угол ножа с осью движения грейдера устанавливается в пределах от 38 до 46°, в зависимости от почвы, влажности ее и толщины срезаемого слоя. При больших углах ухудшается перемещение грунта по ножу, но увеличивается захват.

Отвозка грунта скреперами производится так же, как и при других работах, и описана ниже.

На срежке растительного слоя применяются ползунковые и колесно-ползунковые скреперы; колесные скреперы применяются при большой дальности возки.

### **3. Разрыхление грунта под дамбами**

Для сопряжения тела дамбы с основанием поверхность последнего должна быть разрыхлена.

Разрыхление поверхности обязательно при возведении дамб экскаваторами и грейдер-элеваторами. При сооружении дамб скреперами разрыхление поверхности основания может не производиться, так как шпоры тракторов нарушают поверхность основания, чем и обеспечивается сопряжение дамбы с основанием.

При сооружении дамб прочими машинами вопрос о необходимости разрыхления основания должен решаться в зависимости от свойств грунта и ответственности насыпаемых дамб.

Разрыхление должно производиться многолемешными плугами или дисковыми боронами после снятия растительного слоя.

### **4. Планировка трассы**

К планировке трассы относится срезка бугров и засыпка понижений в пределах возводимого сооружения. Планировку необходимо делать только при работе прицепных машин, отнесенных выше к первой группе (грейдеры, канавокопатели и грейдер-элеваторы). На планировке обы-

по применяются ползунковые скреперы, так как эти работы производятся при небольшой дальности возки. После засыпки понижений и срезки бугров скреперами производится разравнивание грунта грейдерами или иными планировщиками. Производство планировки в значительной степени уменьшает объем недоделок, производимых вручную и обычно дорогих, поэтому производству планировочных работ должно уделяться серьезное внимание.

## § 137. Основные работы

### 1. Образование дамб каналов из внешних резервов

Образование дамб каналов машинами производится или насыпкой обеих дамб раздельно, или сначала насыпается подушка до отметки, соответствующей размерам полувыемки-полунасыпи.

После планировки подушки, при которой должен быть достигнут проектный продольный уклон, приступают к прорезке выемки с образованием дамбочек канала.

Лучшим способом при устройстве небольших каналов следует считать насыпку подушки, так как уплотнение грунта катками в раздельно возводимых дамбах крайне затруднительно. При возведении дамб необходимо увеличивать высоту их на осадку. Увеличение производится пропорционально высоте дамб и назначается в зависимости от грунта и способов производства работ.

**а) Производство работ по образованию дамб грейдер-элеваторами.** При работе грейдер-элеватора захваченный диском грунт непрерывным потоком перебрасывается в сторону на расстояние, зависящее от длины элеватора; одновременно грунт поднимается на высоту до 1,25 м при длине элеватора 5,7 м, до 2,8 м при длине элеватора 7,6 м и до 3—3,2 м при длине элеватора 8,25 м. Расстояния, на которые перебрасывается грунт, соответственно указанным длинам элеваторов равны 6,7, 9,2 и 10 м. Грейдер-элеватор с диском 0,5 м работает на второй передаче скоростей трактора ЧТЗ, причем на 1 м прохода захватывает и перебрасывает от 0,02 до 0,05 м<sup>3</sup> грунта.

Грейдер-элеватор с диском 0,71 м работает на первой передаче трактора ЧТЗ, причем на 1 м прохода захватывает и перебрасывает от 0,05 до 0,12 м<sup>3</sup> грунта.

Работа по возведению дамб без применения транспортных средств производится в следующем порядке. После выноса пикетажа в сторону производится удаление растительного слоя, затем производится планировка трассы и рыление поверхности основания дамб. По окончании этих работ по обе стороны оси канала выставляются вехи, служащие направлением для движения трактора при проведении первой борозды. Тракторист направляет трактор по направлению выставленных вех. Грейдер-элеватор проводит первую борозду и перебрасывает грунт в дамбы.

По проходе всего разрабатываемого участка с одной стороны грейдер-элеватор делает поворот и проводит такую же борозду с другой стороны оси канала.

При следующих проходах направлением для тракториста служит след предыдущей борозды. Тракторист должен вести трактор так, чтобы край гусеницы трактора был все время на одинаковом расстоянии от края борозды.

Это расстояние необходимо назначать в зависимости от сопротивления грунта, так чтобы борозда получалась не мельче, чем половина диаметра диска.

Насыпка дамб производится слоями. Внутренний откос резервов разрабатывается пологим — 1:4 (уклон 1:3 — предельный). Откос внешнего края резерва разрабатывается уступами с почти вертикальными стенками.

Грейдер-элеваторами могут насыпаться дамбы разнообразных размеров: от валиков сечением 0,15 м<sup>2</sup> до дамб сечением 8 м<sup>2</sup> и больше.

Возможность насыпки дамб заданных размеров в каждом конкретном случае должна выявляться составлением схемы разработки. При составлении схем разработки следует учитывать, что грейдер-элеватор не может работать с уклоном задней оси круче 1 : 3 и что предельный угол подъема ленты равен 26°.

Производительность грейдер-элеватора увеличивается с увеличением длины гона, почему желательно вести разработку участками длиной 1500—1000 м. В действительности, сохранение близких между собой глубин разработок на таких значительных по длине участках обычно не бывает.

Для того чтобы рационально производить работу грейдер-элеваторами при неравномерных глубинах канала, канал разбивают по длине на части так, чтобы объемы соседних участков различались по объему, даваемый грейдер-элеватором при насыпке одного слоя.

Толщину снимаемого слоя для грейдер-элеваторов с диском диаметром 0,5 м при расчетах можно принимать в 0,2 м и при диаметре диска 0,7 м — в 0,3 м.

Разработку надо начинать с тех участков, которые имеют наибольшие высоты дамб, и последовательно включать новые участки с меньшими высотами.

При отсыпке дамб больших размеров грейдер-элеваторы применяются для погрузки грунта, т. е. работы производят с возкой грунта из резервов в дамбы.

**б) Возведение дамб ползуновыми скреперами.** Скреперные работы проводятся в следующей последовательности: выносятся пикетаж в сторону, удаляется растительный слой, в резервах производится разрыхление грунта, после чего приступают к возке грунта в дамбу. Возка протекает непрерывными рейсами между резервами и дамбами.

При насыпке дамб скреперами насыпаются одновременно обе дамбы, точнее — насыпается подушка с последующей прорезкой выемки канала; исключением является насыпка значительных по размерам дамб.

Резервы могут располагаться с одной стороны или с обеих сторон дамбы, примыкая непосредственно к последней.

В зависимости от расположения резервов принимается та или иная схема возки. При двусторонних резервах грунт вывозится поочередно из каждого резерва (по эллипсу), ось дамбы пересекается примерно под прямым углом.

При односторонних резервах лучшей схемой следует считать возку восьмеркой.

При работе скреперов с колесными тракторами на небольших высотах дамб — до 0,7 м — езда производится по кратчайшим расстояниям от места забора грунта до места разгрузки без устройства специальных выездов.

При высотах свыше 0,7 м как при односторонних, так и при двусторонних резервах, необходимы выезды.

При работе с гусеничными тракторами работа ведется без специальных выездов до высоты дамб 1 м.

Выезды делаются на расстоянии 25—50 м при работе колесных тракторов до высоты 1,5 м и при работе гусеничных тракторов — до 2,5 м, а при больших высотах дамб — через 50—100 м. Насыпать дамбы скрепе-

рами при работе колесных тракторов можно до высоты 3 м, лишь бы ширина дамб (подушек) поверху была не меньше 2,75 м и грунт не разбивался бы в пыль; при работе гусеничных тракторов предел высоты дамб значительно выше.

При плохо уплотняющихся грунтах необходимо одновременно производить разравнивание и укатку грунта катками. В грунтах суглинистых и глинистых при средней влажности разравнивание грунта производится скреперами во время выгрузки; при правильно организованной работе слои получаются достаточно ровными и требуют лишь небольшой дополнительной укатки.

Выполнение скреперами внешних откосов круче 1 : 3 при возке без специальных въездов затруднительно; поэтому при разбивке дамб, запроектированных с более крутыми откосами, необходимо закладывать резервы с учетом заложения откосов 1 : 3.

**в) Возведение дамб колесными скреперами.** Возка грунта колесными скреперами производится по тем же схемам, что и ползунковыми скреперами.

Обычно при возке грунта колесными скреперами емкостью 0,75 и 1,1 м<sup>3</sup> из карьеров, при значительных дальностях возки, для обслуживания скреперов назначаются отдельные рабочие для работы в карьере и на месте выгрузки грунта; при небольшой дальности возки назначается один рабочий на каждый скрепер.

При возведении дамб каналов из резервов, расположенных параллельно дамбам, дальность возки не превосходит 100 м, в большинстве же случаев она значительно ниже; на этих работах необходимо назначать на каждый скрепер отдельного рабочего, все время находящегося на нем.

Колесные скреперы могут применяться при дальности возки от 20—30 м. При применении скреперов емкостью 0,75 м<sup>3</sup> на насыпке дамб из резервов, расположенных параллельно дамбам высотой до 1,5 м, следует назначать 4 скрепера в поезде и при больших высотах — только 3. При поезде в 4 скрепера не допускаются крутые подъемы, так как на таких подъемах возникают значительные тяговые усилия. Колесными скреперами можно выполнять насыпи средней и крупной сети всех встречающихся размеров, но при насыпке нешироких дамб высотой до 1,5 м наиболее эффективно применение грейдер-элеваторов и ползунковых скреперов с гусеничным трактором.

При дальности возки свыше 75 м следует применять только колесные скреперы.

Кроме тракторных скреперов, на насыпке дамб вполне возможно применение конных скреперов. Наиболее рационально применение пароконных скреперов (волокуш) емкостью 0,1—0,12 м<sup>3</sup>. Волокуши находят применение при разности высот перемещения до 6 м; пределом рациональной возки следует считать 50 м. Схемы ездки те же, что и при тракторных скреперах.

Кроме рассмотренных способов работ по образованию дамб, для частичной подсыпки дамб мелких каналов применяются грейдеры и канавокопатели; производство работ этими машинами описывается в следующем параграфе.

**г) Возведение дамб экскаваторами.** На сооружении дамб без применения транспортных средств обычно применяются драглаины. Экскаваторами дамбы отсыпаются из односторонних или двусторонних резервов, в зависимости от поперечных размеров дамб, размеров экскаватора и специфических условий объекта сооружения. В обоих случаях расположения резервов экскаватор перемещается вдоль оси дамбы. В тех случаях, когда радиус действия экскаватора недостаточен для возведения

широких дамб или разработки широких резервов, разработка ведется с перекидкой грунта.

При насыпке дамб с подвозкой грунта для погрузки применяются экскаваторы, оборудованные прямой лопатой.

## 2. Устройство каналов в полувыемке-полунасыпи

Строительной особенностью каналов в полувыемке-полунасыпи является требование укладки грунта непосредственно у бровок выемок без оставления берм; при разработке же каналов в выемке между бровкой выемки и подошвой кавальера обязательно оставление бермы.

Второй особенностью разработки каналов в полувыемке-полунасыпи является то, что глубина собственно выемки меньше общей глубины канала и ограничивается сравнительно незначительными значениями.

**а) Устройство картвых оросителей.** Картвые оросители обычно проходят в дамбах с незначительной выемкой по оси канала. Ширина дна картвых оросителей в большинстве случаев равняется 0,3—0,75 м; откосы внутренние — одиночные, наружные — полуторные; ширина дамб поверху — до 0,5 м. Общая глубина картвых оросителей изменяется с изменением расходов и уклонов; типовыми глубинами являются глубины 0,5—0,7 м. Заглубление картвых оросителей меняется в весьма незначительных пределах, наиболее частое заглубление — 0,15—0,25 м. Подсыпное дно в картвых оросителях делается в местах прохождения трассы по изрезанному рельефу, что встречается довольно редко. В полувыемке, без подсыпки дамб из резервов, картвые оросители проходят также редко. Устройство картвых оросителей заключается в таких последовательно проводимых работах: снятие растительного слоя, планировка трассы, насыпка дамбочек из внешних резервов, разравнивание подушки, разработка выемки по оси оросителя и отделочные работы.

Для устройства картвых оросителей могут быть применены: грейдеры тяжелые и средние, канавокопатели плужные с уширенными откосниками, специальные канавокопатели для картвых оросителей, канавокопатели-волокуши с с.-х. плугами (последние для разрыхления грунта), конные и тракторные ползунковые скреперы (для выполнения работ по планировке трассы и местной досыпке дамб) и грейдер-элеваторы (для разработки резервов).

Из всех машин, применяющихся на устройстве картвых оросителей, полный поперечный профиль за один проход дают лишь специальные канавокопатели типа Чустроя. Недостатком этих канавокопателей является ограниченность сечений разрабатываемых оросителей. Типовое сечение канала для канавокопателя этого типа при тяге трактором ЧТЗ: ширина дна — 0,4 м, ширина дамб поверху — 0,3—0,5 м, откосы — 1 : 1; общая глубина канала — 0,4—0,5 м при глубине выемки по оси канала не менее 0,2 м.

Работы по постройке оросителей производятся обычно комплектом машин; исключение составляют указанные выше специальные канавокопатели и в некоторых случаях грейдеры. Ниже приводится последовательность выполнения работ при устройстве картвых оросителей комплектами машин.

*При наличии незначительных выемок по оси канала и при колебании выемок по всей длине оросителя в пределах 0,2 м необходимо:*

1) Срезать и удалить грейдером растительный слой на площади, занимаемой каналом и резервами.

2) Плужным канавокопателем с уширенными отвалами пройти в 1 след по оси канала для разработки необходимого профиля выемки.

Установка регулятора глубины канавокопателя должна соответствовать средней проектной глубине выемки.

3) Из резервов досыпать дамбочки грейдер-элеватором, грейдером или канавокопателем-волокушей.

4) Досыпать дамбочки оросителя на участках, оставшихся неразработанными; досыпку дамбочек можно выполнить скреперами (конными или тракторными). Пропуски небольших участков неизбежны в местах соединения каналов и в прочих местах, где производятся повороты грейдеров и канавокопателей.

5) Провести укатку дамб, если таковые насыпались грейдер-элеваторами.

6) Очистить выемку по оси от осыпавшегося грунта при насыпке дамбочек и одновременно оформить дамбочки приданием им необходимой ширины поверху. Отделку можно производить плужными или волокушными канавокопателями.

7) Прорезать выемку в местах, пропущенных канавокопателем, с приданием проектного поперечного сечения канала.

*При значительных изменениях глубины выемок по всей длине оросителя, но не более 0,4 м, и при наличии подсыпного дна на небольших участках можно рекомендовать следующую последовательность выполнения работ:*

1) Срезать и удалить растительный слой на площади, занимаемой каналом и резервами.

2) На участках подсыпного дна и с наименьшими глубинами выемки произвести грейдерами или грейдер-элеваторами насыпку подушек под дамбочки оросителя.

Насыпка подушек ведется до тех пор, пока колебание глубины выемок по длине оросителя будет не больше 0,2 м.

Дальнейшие работы аналогичны вышеописанным (см. п. п. 2—7).

*При изменениях глубины выемок по длине оросителя больше 0,4 м, что встречается при сложном рельефе местности, должна делаться предварительная планировка трассы. Здесь уже приходится иметь дело с сооружением канала в дамбах, по которым производство работ описано выше. Так как при сложном рельефе местности высокие дамбы картовых оросителей могут иметь небольшое протяжение, то наиболее целесообразно для этих работ применять скреперы. В остальном, после планировки, работы производятся так же, как и в первом случае.*

В том случае, когда на всем протяжении оросителя должны быть высокие дамбы, которые нерационально насыпать скреперами, следует применять грейдер-элеваторы.

При выборе машин для сооружения картовых оросителей следует иметь в виду, что все выемки, которые могут быть выполнены плужными канавокопателями, должны выполняться обязательно последними.

6) **Разработка полувыемок-полунасыпей при ширине дна канала более 0,75 м.** На этих работах применяются из прицепных машин грейдеры тяжелые и в некоторых случаях грейдер-элеваторы и скреперы. Грейдеры следует применять при ширине каналов по дну не свыше 1,5 м и глубиной выемки до 1,1 м.

Для уменьшения доделок вручную предварительно до работы грейдеров, аналогично с устройством картовых оросителей, должна быть произведена планировка трасс.

Грейдер-элеваторы применяются лишь в тех случаях, когда габаритные размеры каналов таковы, что грунт, насыпаемый грейдер-элеватором, укладывается непосредственно у выемки без образования берм.

Скреперы на разработке небольших каналов в полувыемке-полунасыпи не применимы ввиду невозможности уложить скреперами грунт в дамбочки сравнительно малых сечений.

Применение скреперов может иметь место при каналах, имеющих достаточную ширину по дну и достаточную ширину дамб для разворота машин.

Экскаваторы на устройстве каналов в полувыемке-полунасыпи работают так же, как и на разработке выемок (см. ниже).

## 8. Разработка каналов в выемке с укладыванием грунта в кавальеры

При разработке каналов в выемках с укладыванием грунта в кавальеры применяются экскаваторы и прицепные машины: грейдеры тяжелые и средние, грейдер-элеваторы, канавокопатели и скреперы.

При разработке выемок одноковшовыми экскаваторами без применения транспортных средств обычно применяются драглайны. Экскаваторами выемки разрабатываются за один, два и более проходов, с отсыпанием грунта в кавальеры, расположенные с одной или двух сторон канала, в зависимости от поперечных размеров выемки, размеров экскаватора и специфических условий (требований) объекта работ.

Наибольшую производительность экскаватор дает при проходе по оси выемки с отсыпанием грунта в два кавальера (угол поворота в пределах  $90^\circ$ ).

При проходе экскаватора по одной стороне выемки грунт отсыпается в один кавальер.

Когда за один проход экскаватора не может быть разработана выемка необходимых размеров, производятся два прохода экскаватора по обоим бровкам с отсыпанием грунта в обе стороны.

К перекидкам грунта прибегают в случаях невозможности разработать выемку заданного сечения наличными экскаваторами с непосредственным отсыпанием грунта в кавальеры.

При работе скреперов на выемках применяются те же способы, что и при образовании дамб; разница заключается лишь в том, что при отсыпке дамб задаются определенные габаритные размеры для дамб (для насыпей), а размеры резервов устанавливаются, исходя из местных условий и удобств организации работ. При устройстве каналов в выемках, наоборот, задаются определенные размеры выемки, а размеры кавальеров устанавливаются в зависимости от местных условий.

Скреперы применимы как на разработке выемок небольших поперечных сечений с шириною по дну, равной ширине тягача и скрепера, так и выемок с неограниченной шириной.

Грейдер-элеваторы могут разрабатывать без применения перекидок выемки до глубины 1 м при длине элеватора 5,7 м, до глубины 1,2 м при длине элеватора в 7,6 м, и глубже при больших длинах элеваторов. Ширина выемки поверху в первом случае должна быть не менее 6 м и во втором случае — 7,5 м. Способы работ с грейдер-элеватором те же, что и при возведении дамб.

Тяжелые грейдеры могут выполнять каналы глубиной 0,8—0,9 м и до 1,1 м с шириной по дну до 1,5 м; при больших размерах разрабатываемого канала значительно снижается производительность грейдера. При разработке выемок другими машинами грейдер целесообразно применять для отделочных работ.

Размеры каналов, выполняемых канавокопателями, как и способы работ последними, указаны выше.

Многоковшовые экскаваторы МК-1 и МК-IV с оборудованием для разработки каналов с откосами дают совершенно законченный канал за один проход. Размеры выемок, выполняемые этими экскаваторами, указаны на странице 411.

## § 138. Сопутствующие и отделочные работы

**1. Разрыхление и разравнивание грунта.** На разрыхлении грунтов для последующей разработки их скреперами, канавокопателями, волокушами и пр. применяются в большинстве случаев с.-х. плуги. При работе скреперов разрыхление грунта производится по мере вывоза грунта скреперами.

Разравнивание грунта, отсыпаемого в дамбы, производится послойно. На разравнивании грунта применяются грейдеры тяжелые и средние и утюги.

**2. Уплотнение грунта.** От качества уплотнения насыпаемого грунта зависит устойчивость дамб в эксплуатации, почему вопросам уплотнения грунта следует уделять достаточное внимание.

При производстве работ по возведению дамб конными и тракторными скреперами одновременно с транспортированием грунта для тела дамб происходит уплотнение ранее насыпанного грунта. Когда работа протекает в достаточно влажных и связных грунтах, насыпаемый грунт уплотняется в значительной степени, коэффициент разрыхления получается близким к единице и дополнительное трамбование или укатка катками при невысоких дамбах могут не потребоваться.

В тех же случаях, когда тело дамбы отсыпается из грунтов несвязных или недостаточно влажных, уплотнение грунта получается недостаточным.

В некоторых случаях, в особенности при тяге колесными тракторами, грунт разбивается в рыхлую сыпучую массу, увеличиваясь в объеме в 1,3 раза (и больше) по сравнению с объемом, занимаемым в плотном теле; в таких случаях укатка грунта катками является обязательной. Сухие грунты перед укаткой увлажняются.

Несмотря на то, что в исключительных случаях при насыпке дамбы скреперами может иметь место достаточное уплотнение и без дополнительной укатки катками, следует при отсутствии лабораторных испытаний производить дополнительную укатку во всех случаях.

При возведении дамб грейдер-элеваторами имеет место значительное разрыхление грунта.

Влажный грунт перебрасывается грейдер-элеватором комьями и образует большие пустоты в теле дамбы, сухой грунт также не уплотняется без укатки, почему при отсыпке дамб грейдер-элеваторами необходима укатка грунта во всех случаях.

Канавокопатели-волокуши и грейдеры производят, как указано выше, отсыпку дамб небольших сечений, причем проходами машин обеспечивается достаточное уплотнение грунта; укатки, как правило, в этих случаях не требуется.

Уплотнение дамб при отсыпке их экскаваторами достигается постепенной замочкой каналов, так как трамбовка и укатка грунта в таких дамбах нецелесообразна.

**3. Отделочные работы.** Планировка откосов каналов и дамб производится грейдерами.

Дополнительная планировка каналов, выполненных канавокопателями, грейдерами и многоковшовыми экскаваторами, не производится, так как одновременно с разработкой каналов идет и планировка откосов.

Если работы выполнялись другими машинами, планировочные работы производятся специальными проходами грейдеров.

Планировка верха дамб и dna выемок производится грейдерами или утюгами.

## **В. ПОТРЕБНОЕ КОЛИЧЕСТВО МАШИН НА РАЗРАБОТКУ 1000 м<sup>3</sup> ГРУНТА ПРИ УСТРОЙСТВЕ КАНАЛОВ. ГОДОВАЯ ВЫРАБОТКА МАШИН И ГОДОВОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ МАШИН**

### **§ 139. Потребное количество машин на разработку 1000 м<sup>3</sup> грунта при устройстве каналов**

Для сметных целей, для проектирования производства работ и других проектных предположений в нижеприводимых таблицах указано потребное количество машиночеловек на весь комплекс работ, выполняемых при устройстве или очистке каналов.

Таблицы подразделены по ведущим машинам, выполняющим основные работы.

Материал для таблиц заимствован из работы комиссии НКЗ СССР (из представителей Отдела капитального строительства, Главводстроя и других главков), проводившей работы по разработке сметного справочника в 1939 г.

Таблицами предусмотрен нормальный восьмичасовой рабочий день.

При пользовании таблицами необходимо иметь в виду, что потребное количество машиночеловек дано:

а) при разработке каналов в выемке — на проектный объем выемки;  
б) при разработке каналов в дамбах — на запроектированный объем резервов, т. е. объем дамб, увеличенный на коэффициент уплотнения грунта;

в) при разработке каналов в выемке с добавлением грунта из резервов — на сумму объемов выемки и резервов.

При этом введены необходимые надбавки объемов, вызываемые принимаемыми способами работ (на переборы и пр.).

Так же учтено необходимое время на простои, имеющие место в течение рабочей смены, как-то: регулировка и исправление мелких технических неполадок, дозаправка, профилактический осмотр и технические уходы, сдача смены, проезды к месту работы на расстояние до 0,75 км и др.

При составлении таблиц предусмотрены все основные способы работ, применяющиеся в настоящее время.

Для выполнения сопутствующих работ (разрыхление и укатка грунта, срезка откосов и др.) приняты наиболее распространенные машины — сельскохозяйственные плуги, прицепные катки, тяжелые грейдеры и др.

Не предусмотрены следующие работы:

а) удаление камыша, деревьев и кустарника с площадей под устраиваемыми каналами;

б) замочка законченных устройств каналов и

в) работы по удалению старых кавальеров (раш), выполняемые при очистке каналов, впервые очищаемых машинами, и на уширении старых каналов.

Различные экскаваторы, применяющиеся на местах, могут быть отнесены к следующим четырем группам:

а) емкость ковша 0,35 м<sup>3</sup> — «Комсомолец», «Менк II», «Рансом-Ранье 420», «Байрс»;

б) емкость ковша 0,5 м<sup>3</sup> — ЛК, ЛКА, «Менк III», «Оренштейн Д»; «Рустон Бьюсайрус 1030» «Пристман 20», «Бьюсайрус Д-2», «Марион»;

в) емкость ковша 0,75 м<sup>3</sup> — «Костромич», «Бердянец», «Менк IV», «Рустон Бьюсайрус 41-В», «Марион 400», «Марион 380», «Марион 32», «Пристман 30», «Рустон 8», «Оренштейн б»;

г) емкость ковша 1,0 м<sup>3</sup>—«Ковровец ППГ», «Воткинец», «Баррикады»; «Везер-Хютте 9,5», «Бьюсайрус 50-В», «Марион 405», «Менк V», «Рустон».

Классификация грунтов принята:

А. Для экскаваторов:

а) грунты песчаные — пески, супески, легкие и лёссовидные суглинки, гравий мелкий и средний, растительный грунт, чернозем, торф и т. п.;

б) грунты глинистые — жирная чистая глина, тяжелые суглинки, тяжелая ломовая глина, крупный гравий и т. п.

Б. Для прицепных землеройных машин — скреперов, грейдер-элеваторов, грейдеров тяжелых и канавокопателей:

а) грунты легкие — пески, супески, легкие и лёссовидные суглинки, гравий мелкий и средний, растительный грунт, чернозем, торф и т. п.;

б) грунты средние — жирная чистая глина, тяжелые суглинки, крупный гравий, сухой лёсс и т. п.;

в) грунты тяжелые — тяжелая ломовая глина, сланцевая глина, крупная галька и т. п.

Грунты всюду приняты естественной влажности; в случае работы в переувлажненных грунтах потребное количество машинно-смен изменяется в соответствии с указаниями, помещенными в разделе А настоящей главы.

*Потребное количество экскаваторов, тракторов и прицепных землеройных машин в машинно-сменах для разработки 1 000 м<sup>3</sup> грунта при сооружении каналов экскаваторами*

	Г р у н т ы							
	Песчаные				Глинистые			
	Емкость ковшей экскаваторов в кубометрах							
	0,35	0,5	0,75	1,0	0,35	0,5	0,75	1,0
<b>А. Потребное количество экскаваторов при применении соответствующего оборудования:</b>								
а) драглайнов . . . . .	7,45	5,22	3,80	2,78	9,07	6,50	4,64	3,47
б) обратных лопат . . . . .	6,95	5,22	—	—	8,33	6,95	—	—
в) грейферов . . . . .	13,90	8,33	6,17	4,64	—	10,42	7,45	6,17
<b>Б. В зависимости от вида выполняемых работ дополнительно требуется тракторов и прицепных машин</b>								
а) При разработке выемок:								
тракторов ЧТЗ . . . . .	0,26	0,51	0,51	0,51	0,30	0,60	0,60	0,60
грейдеров тяжелых . . . . .	0,30	0,60	0,60	0,60	0,35	0,70	0,70	0,70
б) При разработке полувыемок-полунасыпей:								
тракторов ЧТЗ . . . . .	0,36	0,36	0,36	0,36	0,41	0,41	0,41	0,41
тракторов СХТЗ . . . . .	0,89	0,89	0,89	0,89	1,03	1,03	1,03	1,03
грейдеров тяжелых . . . . .	0,42	0,42	0,42	0,42	0,48	0,48	0,48	0,48
плугов . . . . .	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14
скреперов 0,36 м <sup>3</sup> . . . . .	1,33	1,33	1,33	1,33	1,55	1,55	1,55	1,55
<b>При устройстве каналов в дамбах:</b>								
тракторов ЧТЗ . . . . .	1,04	1,04	1,04	1,04	1,22	1,22	1,22	1,22
» СХТЗ . . . . .	3,98	3,98	3,98	3,98	4,65	4,65	4,65	4,65
грейдеров тяжелых . . . . .	1,22	1,22	1,22	1,22	1,42	1,42	1,42	1,42
плугов . . . . .	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70	0,70	0,70	0,70
скреперов . . . . .	6,20	6,20	6,20	6,20	7,28	7,28	7,28	7,28

Потребное количество прицепных землеройных машин и тракторов в машиносменах для разработки 1 000 м<sup>3</sup> грунта при сооружении каналов прицепными землеройными машинами

Наименование выполняемой работы и ведущей машины	Грунты	Наименование потребных машин								
		Тракторов ЧТЗ	Тракторов СХТЗ	Колесных скреперов 0,75 м <sup>3</sup>	Ползунок-ных скреперов 0,36 м <sup>3</sup>	Грейдер-элеваторов	Грейдеров тяжелых	Плугов	Катков	Канавокопателей плужных
Устройство каналов в дамбах колесными скреперами	{ легкие . . . . .	4,70	2,30	24,48	—	—	0,38	1,30	1,92	—
	{ средние . . . . .	5,07	2,83	26,32	—	—	0,43	2,04	1,92	—
	{ тяжелые . . . . .	6,84	2,83	36,24	—	—	0,43	2,04	1,92	—
Устройство каналов в дамбах ползуноквыми скреперами	{ легкие . . . . .	0,33	34,14	—	51,6	—	0,38	4,60	1,92	—
	{ средние . . . . .	0,37	40,51	—	61,7	—	0,43	5,50	1,92	—
	{ тяжелые . . . . .	0,37	40,51	—	61,7	—	0,43	5,50	1,92	—
Устройство каналов в выемках ползуноквыми скреперами	{ легкие . . . . .	0,14	30,79	—	46,0	—	0,17	4,30	—	—
	{ средние . . . . .	0,16	36,81	—	58,0	—	0,18	5,14	—	—
	{ тяжелые . . . . .	0,21	36,81	—	58,0	—	0,25	5,14	—	—
Устройство каналов и валов грейдер-элеваторами	{ легкие . . . . .	2,57	2,10	4,40	2,23	1,74	0,35	0,20	0,96	—
	{ средние . . . . .	2,98	2,16	4,72	2,42	2,08	0,40	0,22	0,96	—
	{ тяжелые . . . . .	4,04	2,34	6,40	2,60	2,92	0,47	0,24	0,96	—
Устройство каналов в выемках и в полувыемках-полунасыпях тяжелыми грейдерами	{ легкие . . . . .	3,33	2,83	—	4,45	—	3,90	0,40	—	—
	{ средние . . . . .	4,71	2,93	—	4,82	—	5,50	0,44	—	—
	{ тяжелые . . . . .	7,39	3,30	—	5,20	—	8,60	0,56	—	—

Наименование выполняемой работы и ведущей машины	Грунты	Наименование потребных машин								
		Тракторов ЧТЗ	Тракторов СХТЗ	Колесных скреперов 0,75 м <sup>3</sup>	Ползунок- вых скрепе- ров 0,36 м <sup>3</sup>	Грейдер-эле- ваторов	Грейдеров тяжелых	Плугов	Катков	Канавокоп- ателей плуж- ных
Устройство каналов в дамбах тя- желыми грейдерами	легкие . . . . .	1,27	4,97	—	6,75	1,74	1,48	0,60	0,96	—
	средние . . . . .	1,76	5,28	—	7,25	2,08	2,05	0,60	0,96	—
	тяжелые . . . . .	2,65	5,55	—	7,75	2,92	3,08	0,60	0,96	—
Устройство каналов в выемке и в полувыемке-полунасыпи шири- ною по дну до 0,4 м плужными канавокопателями	легкие . . . . .	1,29	2,83	—	4,45	—	0,50	0,40	—	4,00
	средние . . . . .	1,39	2,93	—	4,82	—	0,50	0,44	—	4,45
	тяжелые . . . . .	1,71	3,30	—	5,20	—	0,50	0,46	—	6,00
То же, при ширине каналов по дну более 0,4 м	легкие . . . . .	1,56	2,83	—	4,45	—	0,38	0,40	—	2,86
	средние . . . . .	1,70	2,93	—	4,82	—	0,38	0,44	—	3,20
	тяжелые . . . . .	2,24	3,30	—	5,20	—	0,38	0,46	—	4,45
Устройство каналов в дамбах ши- риною по дну до 0,4 м плужными канавокопателями	легкие . . . . .	1,83	4,30	—	6,75	—	1,80	0,60	—	1,34
	средние . . . . .	2,39	4,58	—	7,25	—	2,42	0,60	—	1,47
	тяжелые . . . . .	3,48	4,86	—	7,75	—	3,57	0,60	—	2,00
То же, при ширине каналов по дну более 0,4 м	легкие . . . . .	2,06	4,97	—	6,75	1,73	0,18	0,60	0,96	1,00
	средние . . . . .	2,43	5,25	—	7,25	2,08	0,22	0,60	0,96	1,07
	тяжелые . . . . .	3,33	5,55	—	7,75	2,92	0,22	0,60	0,96	1,47

**Потребное количество экскаваторов, тракторов и прицепных землеройных машин в машиноменах для разработки 1 000 м<sup>3</sup> грунта (наноса) при очистке и уширении каналов экскаваторами**

	Грунты							
	Песчаные				Глинистые			
	Емкость ковшей экскаваторов (в куб. метрах)							
	0,36	0,50	0,75	1,00	0,36	0,50	0,75	1,00
<b>I. Очистка каналов</b>								
<b>А. Потребное количество экскаваторов при применении соответствующего оборудования:</b>								
а) драглайнов . . . . .	9,47	6,55	4,74	3,07	11,57	7,19	5,08	3,60
б) обратных лопат . . . . .	10,42	6,55	—	—	11,57	8,69	—	—
в) грейферов . . . . .	17,35	10,42	7,45	5,78	—	11,57	8,33	7,45
<b>Б. Вне зависимости от оборудования экскаватора дополнительно требуется:</b>								
а) тракторов ЧТЗ . . . . .	1,17	1,12	1,09	1,07	1,37	1,30	1,27	1,26
б) грейдеров тяжелых . . . . .	1,37	1,30	1,27	1,25	1,60	1,52	1,48	1,47
<b>II. Уширение каналов экскаваторами при толщине среза до 1,5 м:</b>								
а) драглайнов . . . . .	7,45	5,22	3,80	2,78	9,07	6,50	4,64	3,47
б) тракторов ЧТЗ . . . . .	0,43	0,37	0,37	0,37	0,50	0,43	0,43	0,43
в) грейдеров тяжелых . . . . .	0,50	0,43	0,43	0,43	0,58	0,50	0,50	0,50

Потребное количество прицепных землеройных машин и тракторов в машиносмехах для разработки 1 000 м<sup>3</sup> грунта (наносов) при очистке каналов прицепными землеройными машинами

Наименование ведущей машины, выполняющей очистку каналов	Грунты	Наименование потребных машин				
		Тракторов ЦТЗ	Колесных скреперов 0,75 м <sup>3</sup>	Ползунковых скреперов 0,75 м <sup>3</sup>	Грейдеров тяжелых	Канавокопателей плужных
Колесные скреперы 0,75 м <sup>3</sup>	{ легкие . . . . .	8,82	48,72	—	0,17	—
	{ средние . . . . .	12,50	52,40	—	0,18	—
	{ тяжелые . . . . .	20,30	58,04	—	0,25	—
Ползунковые скреперы 0,75 м <sup>3</sup> при поперечной возке	{ легкие . . . . .	8,30	—	11,00	0,52	—
	{ средние . . . . .	9,94	—	13,20	0,60	—
	{ тяжелые . . . . .	13,71	—	18,20	0,83	—
То же при продольной возке	{ легкие . . . . .	13,69	—	18,96	0,17	—
	{ средние . . . . .	17,09	—	23,70	0,18	—
	{ тяжелые . . . . .	22,21	—	30,80	0,25	—
Тяжелые грейдеры	{ легкие . . . . .	4,08	—	—	5,56	—
	{ средние . . . . .	5,83	—	—	6,80	—
	{ тяжелые . . . . .	9,60	—	—	11,17	—
Плужные канавокопатели при ширине каналов по дну до 0,75 м	{ легкие . . . . .	3,63	—	—	2,40	7,35
	{ средние и тяжелые . . . . .	4,93	—	—	3,40	9,33
То же, при ширине каналов по дну более 0,75 м	{ легкие . . . . .	4,34	—	—	2,40	5,33
	{ средние и тяжелые . . . . .	5,78	—	—	3,40	6,66
Разравнивание кавальеров (райей) тяжелыми грейдерами при сечении кавальеров до 3 м <sup>3</sup>	{ легкие . . . . .	1,86	—	—	2,16	—
	{ средние . . . . .	2,18	—	—	2,55	—
	{ тяжелые . . . . .	3,12	—	—	3,63	—
То же при сечении кавальеров более 3 м <sup>3</sup>	{ легкие . . . . .	3,72	—	—	4,33	—
	{ средние . . . . .	4,50	—	—	5,22	—
	{ тяжелые . . . . .	6,13	—	—	7,16	—

## § 140. Годовая выработка землеройных машин

Ниже приводятся средние годовые выработки землеройных машин, устанавливаемые на весь списочный парк машин.

*Средние годовые выработки машин (для катков — в часах работы, для всех других машин — в куб. метрах)*

Наименование машин;	На одну машину	На 1 м³ емкости ковша	На 1 л емкости ковша
1. Одноковшовые экскаваторы при работе:			
а) прямой лопатой в транспорт . . .	—	100 000	—
б) прямой лопатой в отвал . . . . .	—	115 000	—
в) обратной лопатой или драглайн в транспорт . . . . .	—	80 000	—
г) обратной лопатой или драглайн в отвал . . . . .	—	100 000	—
д) грейфером . . . . .	—	70 000	—
2. Многоковшовые экскаваторы-канавокопатели . . . . .	—	—	1 200
3. Скреперы прицепные тракторные . . . . .	—	6 000	—
4. Бульдозеры при работе на засыпке траншей и котлованов и перемещении грунта . . . . .	50 000	—	—
5. Катки моторные . . . . .	2 000	—	—
6. » прицепные . . . . .	800	—	—
7. Грейдеры тяжелые . . . . .	40 000	—	—
8. Грейдер-элеваторы:			
а) без мотора . . . . .	70 000	—	—
б) с мотором . . . . .	100 000	—	—
9. Канавокопатели плужные . . . . .	40 000	—	—
10. Скреперы конные . . . . .	—	4 000	—

Примечание 1. Выработки, указанные в п. п. 1—5, приведены в соответствии с постановлением Комитета по делам строительства при Совнаркомом Союза ССР от 25 мая 1939 г. Выработки, указанные в п. п. 6—10, приведены из проекта норм НКЗ СССР на 1940 г.

Примечание 2. При работе экскаваторов в районах, расположенных южнее линии Одесса — Краснодар — Орджоникидзе — Самарканд, выработка экскаваторов увеличивается на 15%.

При работе экскаваторов в районах, расположенных севернее линии Петрозаводск — Вологда — Киров — Молотов — Свердловск — Томск — Красноярск — Иркутск — Хабаровск, выработка экскаватора уменьшается на 15%.

## Приложение к главе XX

### Классификация грунтов

Единые нормы времени и расценки 1929 года

Категория грунта	№ грунта	Наименование грунта	Средний объемный вес 1 м <sup>3</sup> грунта в плотном теле в состоянии естественной влажности (в килограммах)	Способ разработки и инструмент
I	1	Песок . . . . .	1 500	Разрабатываются подборочными штыковыми лопатами
	2	Супесок . . . . .	1 600	
	3	Растительный грунт . . . . .	1 200	
	4	Торф . . . . .	600	
II	1	Легкий и лёссовидный суглинок . . . . .	1 600	Разрабатываются лопатами с незначительным киркованием
	2	Влажный рыхлый лёсс, мягкий солончак и солонец . . . . .	1 600	
	3	Гравий рыхлый, мелкий и средний . . . . .	1 700	
	4	Плотный растительный грунт с корнями от травы . . . . .	1 400	
	5	Торф и растительный грунт с корнями диаметром до 30 мм . . . . .	1 100	
	6	Песок и растительный грунт, смешанный со щебнем или галькой и щепой . . . . .	1 650	
	7	Насыпной слежавшийся грунт с примесью щебня или гальки . . . . .	1 750	
	8	Супесок с примесью щебня, гальки и строительного мусора . . . . .	1 900	
III	1	Жирная глина, в том числе карбонная, юрская и моренная . . . . .	1 800	Разрабатываются штыковой лопатой со сплошным киркованием и частичным применением лома
	2	Тяжелый суглинок . . . . .	1 750	
	3	Гравий крупный, галька и щебень крупностью от 15 до 40 мм . . . . .	1 750	
	4	Сухой лёсс и лёсс естественной влажности, смешанный с гравием или галькой . . . . .	1 800	
	5	Растительная земля или торф с корнями диаметром свыше 30 мм . . . . .	1 400	
	6	Суглинок, смешанный со щебнем или галькой и строительным мусором . . . . .	1 900	
IV	1	Тяжелая ломовая глина, в том числе твердая юрская и карбонная . . . . .	1 950	Разрабатываются штыковой лопатой со сплошным применением кирок и частичным применением клина и молота
	2	Жирная глина и тяжелые суглинки с примесью щебня, гальки, строительного мусора и булыжника весом до 25 кг, с содержанием булыг до 10% . . . . .	1 950	
	3	Моренная глина с валунами весом до 50 кг при наличии валунов до 10% по объему . . . . .	2 000	
	4	Сланцевая глина . . . . .	2 000	
	5	Крупная галька размером до 90 мм чистая или с примесью булыжника весом до 10 кг . . . . .	1 950	
	6	Плотный отвердевший лёсс и отвердевший солончак . . . . .	1 800	
	7	Сцементированный строительный мусор . . . . .	1 850	
	8	Металлургические невыветрившиеся шлаки . . . . .	1 500	
	9	Мергель мягкий и опоки . . . . .	1 900	
	10	Древесина . . . . .	1 800	
	11	Трепел и мягкие меловые породы . . . . .	1 550	
	12	Конгломерат, слабо сцементированный . . . . .	1 900— —2 200	

### Разрыхление грунта

Категория грунта	Процент первоначального увеличения объема грунта после разработки	Средний процент первоначального разрыхления	Процент остаточного разрыхления	№
I . . . . .	8—17	12	1—2,5	1
I (торф и растительный грунт) . . . . .	20—30	—	3—4	2
II . . . . .	14—28	20	1,5—5	3
III . . . . .	24—30	25	4—7	4
IV . . . . .	26—32	29	6—9	5
IV (мергель и опоки) . . . . .	33—37	—	11—15	6
V . . . . .	30—45	33	10—20	7
VI . . . . .	45—50	45	20—30	8

### Углы естественного откоса грунта (в градусах)

Категория грунта	№ грунта	Род грунта	Влажность грунта			№
			сухой	влажный	мокрый	
I	1	Песок мелкий . . . . .	25	30	20	1
I	1	» средний . . . . .	28	35	25	2
I	1	» крупный . . . . .	30	32	27	3
I	3	Растительный грунт . . . . .	40	35	25	4
I	4	Торф без корней . . . . .	40	25	14	5
II	1	Суглинок . . . . .	50	40	30	6
II	3	Гравий . . . . .	40	40	35	7
III	1	Глина жирная . . . . .	45	35	15	8

# РАЗДЕЛ II

## ОСУШЕНИЕ

---

---

### ГЛАВА I

## ЗНАЧЕНИЕ ОСУШЕНИЯ ДЛЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

### § 1. Задачи осушения

Осушение имеет двоякую цель:

1) понизить уровень почвенных или грунтовых вод на требуемую различными хозяйственными задачами величину;

2) отвести слой свободной воды с малопроницаемой поверхности.

Для сельскохозяйственных целей большей частью бывает достаточно понижение зеркала грунтовых вод на 0,5—1 м от дневной поверхности. Для строительных целей требуемое понижение уровня значительно больше.

Понижение уровня грунтовых вод посредством осушительных сооружений (каналы, траншеи, дренажи) возможно лишь в грунтах, более или менее водопроницаемых и насыщенных водою.

Что касается отвода слоя свободной воды с малопроницаемой поверхности, то оно практикуется, например, при наличии застойных вод в западинах, впадинах, а также на малопроницаемых глинистых почвах.

### § 2. Применение осушения в разных отраслях народного хозяйства

В дореволюционное время в России осушение обслуживало только лесное и отчасти сельское хозяйство. В первые годы революции осушительные работы велись в основном через мелиоративные товарищества, небольшими площадями, хотя в это же время было уже положено начало крупным мелиоративным начинаниям (Дубна, Цна, Оресса и др.). После социалистической реконструкции сельского хозяйства осушение приняло новый курс — оно стало одним из видов мелиорации пахотных земель, тогда как до этого времени оно обслуживало почти исключительно луговое хозяйство.

Характерной особенностью мелиорации лугов и болот этого периода является интенсивное использование этих земель (в противоположность прежнему экстенсивному).

Такое направление осушительных мелиораций получает с каждым годом все большее и большее развитие. На осушенных землях колхозы и совхозы получают высокие урожаи ценных культур: кок-сагыза,

зерновых, картофеля и кормовых. Во многих районах, по почину колхозов, партийных и советских организаций, проводятся при широком участии колхозников большие работы по осушению и освоению болот.

Постановление Совнаркома СССР и Центрального Комитета ВКП(б) от 6 марта 1941 года «Об осушении болот в Белорусской ССР и использовании осушенных земель колхозами для расширения посевных площадей и сенокосов» создает все необходимые условия для развития осушения в Белорусской ССР. Осушение и сельскохозяйственное освоение болот признано важнейшей народнохозяйственной задачей. После Великой Октябрьской социалистической революции осушение, имея крупное значение для сельского и лесного хозяйства, стало постепенно внедряться и в другие отрасли народного хозяйства.

а) Осушение в торфяной промышленности является основой производственных процессов по добыче и сушке торфа.

б) При строительстве путей сообщения осушение необходимо для укрепления основания дорожного полотна и выемок в случае наличия близкого стояния грунтовых вод.

С развитием воздушного транспорта стало распространяться осушение аэродромов в случаях их постройки в избыточно увлажненных местах.

в) Осушение применяется на многих строительных площадках, увлажняемых поверхностными (атмосферными и стекаемыми с водосборов) водами или же при близком стоянии грунтовых вод. Осушение параллельно с гидроизоляцией применяется также для цокольных и подвальных помещений.

г) Осушение находит значительное применение и в коммунальном хозяйстве.

Орошаемые искусственно с.-х. площади, особенно засоленные, иногда требуют осушения, которое в этих случаях развивается параллельно с ирригационным строительством.

д) При наличии мелких водоемов и мелководий — там, где развиваются малярийные заболевания, осушение является средством для сокращения анофелогенных площадей. Если мелководные площади, остающиеся после осушения, подвергать периодическому обезвреживанию от личинок малярийного комара, то таким образом площади для выплода малярийного комара почти совсем ликвидируются.

е) Нередко возникает необходимость в осушении при устройстве водохранилищ с целью ликвидации мелководного затопления и подтопления.

### § 3. Оптимальный водно-воздушный режим почв для лугов и пастбищ

Избыток влаги в почве связан с недостатком воздуха в ней и некоторым понижением ее температуры.

Содержание воздуха, необходимого для оптимального произрастания растений, должно составлять 40—50% влагоемкости почвы; отсюда следует, что в случаях постоянной избыточной влажности необходимо понизить уровень грунтовых вод в почве.

Величина понижения уровня грунтовых вод (считая от дневной поверхности), называемая нормой осушения, зависит от рода и фазы развития растений. По Б. Д. Оношко, средняя норма осушения для наиболее распространенных культур определяется следующей таблицей:

**Средняя норма осушения для разных с.-х. культур**

Культуры	Средняя норма осушения (в сантиметрах)	Местонахождение опытного пункта
Искусственный луг . . . . .	около 50	—
Вико-овсяная смесь . . . . .	» 50	Яхрома, Московская область Яхрома, Михнево (близ Москвы), Волхов
Лен . . . . .	40—50	
Пастбище . . . . .	60—65	Новгородская станция
Овес на сено . . . . .	45	Кировск
Овес . . . . .	50—70	—
Ячмень . . . . .	50—70	Новгородское опытное поле, Архангельское опытное поле
Озимая рожь . . . . .	75	Новгород
Конопля . . . . .	{ 70—75 90—100	Новгород
Подсолнечник . . . . .	70	Белорусская ССР
Табак-махорка . . . . .	75—90	Михнево (близ Москвы)
Капуста белокачанная . . . . .	60—90	Болотный институт
Капуста цветная . . . . .	60—90	Заболотье (близ Москвы)
Томаты . . . . .	90—100	—
Картофель . . . . .	70—80	Михнево (близ Москвы)
Свекла кормовая . . . . .	70	Казеровичи (БССР)
» столовая . . . . .	90—100	Минск
Арбузы . . . . .	90—100	БССР
Земляника . . . . .	56	Минск
Яблони, груши . . . . .	100	—

Приведенные нормы осушения относятся к средним за вегетацию. Для начала вегетации приведенные нормы можно уменьшать, примерно, на 40%; для периода созревания растений указанные нормы следует увеличивать ориентировочно на 40%. В большинстве случаев такое изменение норм осушения (называемое амплитудой колебания грунтовых вод) поддерживается естественными факторами (осадками и испарением).

Приведенные в таблице нормы приблизительно дают оптимальную влажность, необходимую для жизни растений. По крайней мере, так поступают практически.

Следовательно, для поддержания оптимальной влажности необходимо устанавливать уровень грунтовых вод на определенных отметках. Считается, что поддержание уровня грунтовых вод можно осуществлять посредством регулирования горизонта вод в каналах (регулирующих) или дренажах. Однако такое регулирование приводит к цели лишь в благоприятных случаях (своевременное выпадение осадков). При неблагоприятных климатических условиях влияние подъема уровня воды в каналах на грунтовые воды редко превосходит 3—4 м (в сторону от канала).

#### **§ 4. Влияние осушения на свойства почво-грунтов, на растительность и урожайность**

Осушение проводится не только для удаления избыточных вод и ускорения поверхностного стока, но и для улучшения физических свойств почвы (придание и поддержание ее структуры, создание оптимального водно-воздушного, теплового и питательного режима для выращиваемых культур).

Следствием осушительных мелиораций обычно является изменение почвообразовательного процесса, часто очень резкое.

После удаления избыточных вод осушаемая площадь может быть лучше использована; все работы можно производить своевременно.

В результате осушения изменяются в желательном для нас направлении физико-химические и биологические процессы в почве—ее аэрация, температура, кислотность, деятельность почвенных бактерий, разложение органических веществ, нитрификация. Все это ведет к повышению урожайности с.-х. культур. Осушение лесов сопровождается приростом древесины лесных насаждений.

**1. Влияние осушения на аэрацию, водопроницаемость и влагоемкость почвы.** Увеличение содержания воздуха в осушенной почве и газообмен между почвой и атмосферой — наиболее важные стороны влияния осушительных работ.

Увеличение содержания воздуха в почве, с уменьшением ее влажности, можно проследить по следующей таблице А. Н. Костякова, где показана весовая влажность почвы при разном содержании воздуха в ней.

*Весовая влажность почвы в процентах к весу сухой почвы*

Характер почвы: влагоемкость $A$ и кажущийся удельный вес $\alpha$	При содержании воздуха в почве в процентах от объема											
	0 почва насыщена	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
$A = 75\%$ $\alpha = 1,00$ } . . . . .	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
$A = 55\%$ $\alpha = 1,20$ } . . . . .	46	41	38	33	29	25	20	17	12	8	4	—
$A = 50\%$ $\alpha = 1,30$ } . . . . .	38	35	31	27	23	19	16	11	8	4	—	—
$A = 45\%$ $\alpha = 1,40$ } . . . . .	32	28	25	21	18	14	11	7	4	—	—	—
$A = 40\%$ $\alpha = 1,55$ } . . . . .	26	22	19	16	13	10	7	3	—	—	—	—
$A = 35\%$ $\alpha = 1,70$ } . . . . .	20	17	14	12	9	6	3	—	—	—	—	—

Содержание воздуха в почве в процентах от ее объема в зависимости от влажности почвы в данный момент выражается формулой А. Н. Костякова  $\lambda = A - r\alpha\%$ , где  $A$  — полная влагоемкость данной почвы в процентах от объема;  $\alpha$  — кажущийся удельный вес ее;  $r$  — весовая влажность в процентах к весу сухой почвы.

Чем почва тяжелее и больше ее влагоемкость, тем кажущийся удельный вес меньше; поэтому для одинакового повышения аэрации или одинакового повышения влажности тяжелые почвы надо осушать сильнее, а уровень грунтовых вод понижать больше, чем на легких почвах.

Осушение изменяет состояние коллоидальной части почв. В результате осушения повышается пористость и водопроницаемость почв.

Установлено, что дренированные почвы в засушливое время имеют большую, а в сырое меньшую влажность по сравнению с недренированными.

ными почвами, потому что вследствие увеличения скважности и проницаемости они лучше поглощают атмосферные осадки. Поэтому дренированные земли более устойчивы против сильной засухи, чем недренированные.

Влажность дренированных почв изменяется как по глубине, так и по ширине между дренами. Над дренами и у дрен она меньше, с удалением же от них увеличивается. Осушение делает влажность почвы равномернее и благоприятнее для растений.

**2. Влияние осушения на температуру осушаемой почвы.** Осушение повышает температуру почвы, что является результатом уменьшения содержания воды в ней.

Температура дренированных почв обычно на 1—6°C выше, чем недренированных.

Твердая фаза почвы имеет (по Либенбергу) следующую теплоемкость:

Глина . . . . .	0,16	Суглинок . . . . .	0,30
Мелкий песок . . . . .	0,16	Ил . . . . .	0,31
Крупный песок . . . . .	0,19	Черный суглинок . . . . .	0,41
Торф . . . . .	0,25		

Теплоемкость воды = 1,0

Для повышения температуры 100 кг почвы на 1°C необходимо затратить следующее количество тепла:

100 кг почвы сухой . . . . .		20	больших	калорий
100 » » с влажностью 10% . . . . .		30	»	»
100 » » » 20% . . . . .		40	»	»
100 » » » 30% . . . . .		50	»	»
100 » » » 50% . . . . .		70	»	»
100 » » » 70% . . . . .		90	»	»

Следовательно, осушенная почва при нагревании лучами солнца будет теплее, чем неосушенная, а легкая почва теплее тяжелой. Поэтому для получения одинаковой температуры тяжелые почвы надо осушать сильнее, чем легкие.

**3. Осушение изменяет микробиологические процессы в почве.** После осушения анаэробный процесс разложения органического вещества заменяется аэробным, отличительным признаком которого является полнота минерализации органического вещества; происходит обогащение почвы питательными для растений веществами. Появляются новые виды бактерий, в том числе и нитрифицирующие (*Nitrobacter*, *Nitrosobacter* и *Asotobacter*).

Процесс нитрификации усиливается с увеличением интенсивности осушения.

Эффективность внесенных фосфорных и калийных удобрений во многом зависит от интенсивности осушения и наличия нитратов.

**4. Осушенные переувлажненные торфяники, глины и суглинки сильно уплотняются, а это связано с значительной осадкой почвы.** Осадку торфа возрастает с густотой и глубиной осушительной сети, глубиной и степенью разложения торфа и с приближением к канаве или дрене. В среднем, очень приближенно, осадка равна 10—25% от глубины осушенного торфа; для глин и суглинков — 10—15%.

Уплотнение делает торф и грунты более устойчивыми, облегчая тем самым передвижение людей, машин и животных.

Осушение ведет к уменьшению затрат энергии на обработку почвы на 20—25%, улучшает санитарное положение местности, позволяет начинать сев на 10—14 дней ранее сева на неосушенных почвах.

**5. Влияние осушения на урожайность.** Среди многих факторов, от которых зависит урожайность, осушение в случае излишне увлажненных почв занимает весьма важное место. В некоторых случаях без осушения вообще невозможно возделывание с.-х. растений (топь). Улучшение водно-воздушного и пищевого режима почвы в результате осушения оказывает большое влияние на рост и развитие растений. В осушенной почве растения могут значительно углубить и укрепить корневую систему и получать питание из более глубоких слоев почвы.

Данные о повышении урожайности на осушенных почвах имеются как в нашей, так и иностранной литературе.

По данным А. А. Черкасова, урожай при дренаже больше урожая на том же месте без дренажа:

Для зерновых хлебов зерна на	на	40—50%
» » » соломы »	»	30—35%
» корне- и клубнеплодов »	»	80—90%
» сеяных трав »	»	30—50%

Иностранские данные также говорят о громадном значении осушения в повышении урожайности с.-х. культур.

## ГЛАВА II

### ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Выбор способов осушения для различных отраслей народного хозяйства зависит от требований этих отраслей к осушительным мероприятиям и естественно-исторических условий осушаемых земель. Без учета и анализа всего комплекса естественно-исторических факторов: климата, геологического строения, водного питания, результатов деятельности человека и т. д., невозможно правильно выбрать наиболее эффективный способ осушения, обеспечивающий оптимальный водно-воздушный режим почв и грунтов.

#### § 5. Климат

При проектировании осушения необходимо иметь данные общей характеристики климата (района осушаемого объекта) и затем расчетные данные для проектирования различных видов осушения (температурные расчеты при противомалырийном осушении, определение модулей стока и т. д.).

Кроме общего указания на климатический район СССР, в котором находится осушаемый объект, должны быть даны следующие более конкретные данные:

- а) Для характеристики температурного режима приводятся:
  - 1) таблица среднемесячных и годовых температур воздуха по данным ближайшей метеорологической станции;
  - 2) максимальные и минимальные температуры воздуха с указанием их процента обеспеченности;
  - 3) указание дат перехода температуры через 0° и 10°;
  - 4) данные по глубине промерзания и температуре почвы для разных глубин.
- б) Для характеристики количества выпадающих осадков должны быть приведены следующие данные:
  - 1) среднее многолетнее годовое количество осадков с указанием отклонений от него в большую и меньшую стороны;

2) среднее многолетнее декададное количество осадков с указанием отклонений от средних значений;

3) максимальные наблюдавшиеся осадки с указанием их объема, продолжительности и повторяемости;

4) данные о высоте снегового покрова и даты установления и схода его.

в) Данные по испарению даются для поверхности земли, а если таких сведений нет, то для водной поверхности. Возможно также для подсчета величины испарения использовать данные психрометрических наблюдений или воспользоваться существующими формулами (например, Майера).

Приведем некоторые данные по испарению с поверхности почвы для осушаемых объектов (см. табл. на стр. 467).

На основании перечисленных материалов по климатическим факторам дается общая характеристика климата.

## § 6. Рельеф местности

Важной частью общей естественно-исторической характеристики является рельеф поверхности осушаемого объекта. Следует обратить внимание на геоморфологическую характеристику рельефа осушаемого объекта, т. е. указать общий тип рельефного образования (аллювиальные равнины, поймы рек, террасы рек, флювиогляциальные равнины и т. д.). Не менее важным для осушения является микрорельеф, выяснение которого должно быть произведено весьма подробно. В частности, необходимо дать детальное отражение на плане всех понижений местности, блюдца, западины, овражков и т. д. Так же следует выявить гидрографическую сеть на осушаемом объекте и уклоны поверхности.

## § 7. Гидрогеологическое строение

Геологическое строение и гидрогеологические условия объекта имеют чрезвычайно важное значение для проведения осушительных работ. Знание геологии, морфологии и гидрогеологических факторов необходимо как для выяснения причин образования болот и переувлажненных минеральных земель, так и для установления строительных свойств пород и условий выполнения осушительных систем.

Необходимо выяснить геологический возраст пород, их простирание и условия залегания. Особенно важно знать водные свойства пород — коэффициенты фильтрации, водоотдачу и т. д. С точки зрения производства строительных работ нужно выяснить такие свойства пород, как допускаемые напряжения, возможность использования в качестве строительных материалов, угол естественного откоса сухого и мокрого грунтов и ряд других. Гидрогеология участка должна быть освещена достаточно подробно, чтобы иметь возможность дать заключение об участии грунтовой воды в заболачивании участка. Для этого следует иметь данные о водоносных горизонтах, их напорах, расходах, условиях питания, взаимной связи, о выходе их на поверхность и т. д.

## § 8. Причины образования болот и излишнего увлажнения минеральных земель

При определении причин образования болот и излишнего увлажненных земель необходимо учитывать весь комплекс естественно-исторических факторов их развития. К таким основным причинам относятся:

а) бедность почвы зольными элементами питания растений;

Данные по испарению с поверхности земли в разных условиях

Место наблюдений	Характер испаряющей поверхности	Период	Величина испарения (в миллиметрах)	Осадки (в миллиметрах)
Михневский опытно-мелиоративный участок	Естественная поверхность осушенного низинного болота	Вегетационный—84 дня	57,8	—
Там же	Клеверное поле	То же 84 дня	83,5	—
Там же	Овес	То же	167,8	—
Н. станция	Верховое болото	20 VI—13 X (115 дней)	304,0	328
Там же	Переходное болото	То же	235	325
Там же	Низинное болото	То же	333	320
Там же	Многолетний луг	То же	221	323
Там же	Овсяное поле (посев 1,7 ц га)	То же	347	319
Там же	То же (посев 1,3 ц га)	То же	304	320
Болото «Загалье»	Низинное осушенное болото. Почва без растительности. Глубина стояния грунтовых вод — 20 см	Июнь — август	314	254
Там же	То же при глубине стояния грунтовых вод — 80 см	То же	214	254
Там же	Тимофеевка, глубина стояния грунтовых вод — 20 см	То же	475	254
Там же	То же, глубина стояния грунтовых вод — 80 см	То же	362	254
М. болотная станция	Торфяная почва без растений. Глубина стояния грунтовых вод — 40 см	1 V—10 X (163 дня)	374	327
Там же	То же. Глубина стояния грунтовых вод — 80 см	То же	209	327
Там же	То же. Тимофеевка. Глубина стояния грунтовых вод — 65 см	То же	678	327
Там же	То же. Глубина стояния грунтовых вод — 85 см	То же	661	327
Там же	Торфяная почва. Конопля. Глубина стояния грунтовых вод — 80 см	1 VI—10 X (132 дня)	911	279

- б) условия поступления воды на заболачиваемую территорию и химический состав этой воды (так называемый тип водного питания);
- в) климатические, геологические и другие общие естественно-исторические факторы заболачиваемого участка;
- г) хозяйственная деятельность человека.

Каждая из перечисленных выше причин, взятая изолированно от других, не может дать правильного представления об образовании болот и минеральных заболоченных земель; неправильное определение причин заболачивания приводит к неверному выбору методов и схемы осушения.

## 1. Основные типы водного питания болот и минеральных земель

Различают четыре типа водного питания болот и избыточно увлажненных минеральных земель.

**Атмосферный тип водного питания.** Избыточное увлажнение болот и минеральных земель для этого типа питания происходит в основном от застоя атмосферных вод на их поверхности.

Основными признаками атмосферного типа питания является:

- 1) застой атмосферных вод от осадков, выпадающих непосредственно на рассматриваемый участок (а не притекание воды извне);
- 2) плохая водопроницаемость верхних слоев грунта (например, глинистых и суглинистых или сфагнового торфа, насыщенного водою и являющегося в этом случае водонепроницаемым, и т. д.);
- 3) незначительные уклоны местности;
- 4) большая шероховатость поверхности земли (травяной покров, микрорельеф — кочки, западины, обработка почвы, задерживающая сток);

Атмосферное питание свойственно в основном водоразделам (см. ниже). **Грунтовое питание.** Избыточное увлажнение при этом типе водного питания получается в основном от притока воды извне и наличия грунтовых вод или верховодок на заболачиваемой территории. Соответственно этому при грунтовом типе питания могут встретиться два основных случая: а) грунтовые воды поступают на участок главным образом в виде грунтового потока (глубинного или верховодки) со стороны, б) грунтовые воды образуются непосредственно на территории заболачиваемого участка в виде стоячего бассейна грунтовых вод, наполняемого атмосферными осадками, поверхностными водами, поступившими со стороны, и т. д.

Основными признаками грунтового питания являются:

- 1) проницаемость верхнего горизонта почвы различной мощности с залегающим под ним водоупорным слоем;
- 2) пониженное положение заболачиваемого участка относительно прилегающей местности, с которой поступает на участок вода;
- 3) более богатая растворимыми солями и илом вода;
- 4) наличие более или менее крупного водосбора.

Грунтовое питание характерно для пониженных элементов рельефа (речные террасы, тальвеги, котловины ледникового происхождения и т. д.).

**Грунтово-напорный тип питания.** Этот тип питания наблюдается при непосредственном выклинивании на поверхность заболоченной площади напорных грунтовых вод или подпитывании ими толщи осушаемых почво-грунтов. Эта напорность может выражаться:

- 1) в б о л о т а х — выклиниванием напорного грунтового потока через дно воронок минерального подстилающего слоя; эти воронки выстилаются более мощным слоем торфа;
- 2) в м и н е р а л ь н ы х г р у н т а х — слой напорного грунтового потока, сравнительно близко расположенный к дневной поверхности, прикрытый слоем более непроницаемых глин.

В том и другом случае грунтовая вода насыщает верхние слои почвы под давлением. В некоторых случаях напор проявляется в виде водных жил, выходящих в разные места поверхности, особенно на склонах. Грунтово-напорное питание характерно для нижних частей коренного склона средних и крупных рек, а в случае минеральных грунтов — почти для любого типа рельефа (вплоть до местных водоразделов) при наличии напорного потока.

**Намывной тип водного питания.** В этом случае избыточное увлажнение получается в результате поступления на осушаемую территорию вод:

- 1) со стороны реки в период ее разливов,
- 2) с водосбора в виде делювиальных потоков.

Намывное питание наблюдается большей частью в поймах.

На большинстве природных объектов осушения (болота, минеральные земли) тип питания — смешанный. Поэтому лишь в редких случаях удается отметить единственный тип водного питания; при смешанном типе питания следует установить преобладающее питание.

## 2. Причины заболачивания

Климатические, геологические и другие общие естественно-исторические факторы играют существенную роль в определении причин заболачивания. Если не учитывать этих факторов, а основываться только на типе водного питания или бедности почвы, то можно прийти к неправильным выводам. Так, например, при одинаковом типе питания болото под Москвой будет сильно отличаться по своему типу от болота на Кавказе. Причины образования этих болот даже и при одинаковом водном питании могут быть резко различными. В результате способы осушения также должны быть разными для этих болот.

Хозяйственная деятельность человека при недостаточно глубоком учете всех последствий может иногда сопровождаться побочными вредными явлениями. Так, например, сплошная рубка леса в некоторых естественных условиях приводит к повышению уровня грунтовых вод и к образованию болот, ранее не существовавших. К тем же последствиям иногда приводит создание водохранилищ и связанный с этим подпор грунтовых вод (подтопление). Иригационная сеть может явиться рассадником малярийного комара. Утечка воды при гражданском, промышленном и других строительствах иногда ведет к значительному повышению грунтовых вод, что угрожает устойчивости сооружений.

Учет этих последствий хозяйственной деятельности человека совершенно необходим при выяснении причин заболачивания.

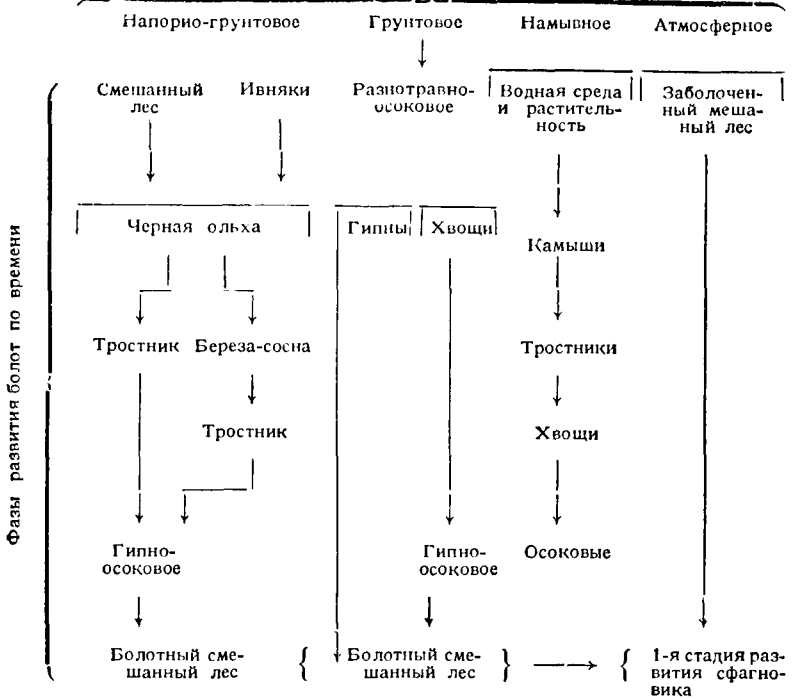
Установление всех причин образования болот или излишнее увлажнение земель дает возможность вести борьбу именно с этими причинами переувлажнения, т. е. выбрать наиболее эффективные способы осушения.

## § 9. Болота и их строение

Все болота, т. е. площади, имеющие в качестве верхнего слоя торф, испытывают эволюцию во времени, подобно другим растительным ассоциациям.

Рассматривая два фактора — питание и фазы развития болота — во времени, можно свести все разнообразие болотных образований к следующей схеме (стрелками указано направление генезиса).

## Питание болот



Как видно из таблицы, при каждом типе водного питания наблюдается постепенное превращение одного типа болот в другой. В конечном результате почти все болотные формации превращаются в сфагновые, если нет дальнейшего притока минеральных веществ извне.

Чтобы иметь понятие о строении болот и, следовательно, торфяных грунтов, необходимо рассмотреть наиболее типичные разрезы болот, интересные для мелниоратора.

1) *Разрез через верховое болото*, образовавшееся вследствие подзолообразовательных процессов, состоит из следующих слоев:

Наименование слоя	Проницаемость
1. Растительный слой	Хорошо проницаем
2. Молодой сфагновый торф	Довольно хорошо проницаем
3. Пограничный горизонт	Непроницаем
4. Старый сфагновый торф	Слабо проницаем
5. Переходный торф (лесной)	Довольно хорошо проницаем
6. Осоковый и тростниковый торф	То же
7. Гумус — ил	Малопроницаем
8. Минеральный грунт	Проницаемость разная

Из указанной свиты слоев наибольший для мелнатора интерес представляет пограничный горизонт, как почти совершенно непроницаемый. Так как на этом горизонте располагаются сравнительно хорошо проницаемые растительный слой и сфагновый торф, то здесь существуют все условия для образования верхнего горизонта грунтовых вод.

2) *Разрезы через болота грунтового питания* не поддаются такой более или менее строгой закономерности, как это было отмечено для случая водораздельных болот. Здесь все зависит от богатства минеральной подпочвы. Чем беднее последняя, тем разрез получается сложнее. Разрезы таких болот, данные Вебером, показывают такую последовательность почвенных слоев:

1. Растительный слой.
2. Осоковый или гинно-осоковый торф.
3. Тростниковый торф.
4. Лесной торф.
5. Гумус.

В данном случае, несмотря на резко выраженную слоистость рассматриваемой категории болот, отношение этих слоев к воде более или менее одинаково. Поэтому на таких болотах устанавливается кривая депрессии, сходная с нашими теоретическими о ней представлениями.

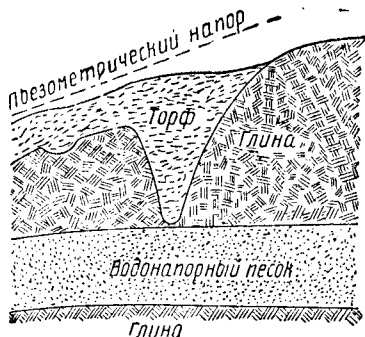


Рис. 191.

3) *Разрезы через болота грунтово-напорного питания (ключевые болота)*. При интенсивном выклинивании грунтовых вод, находящихся у притеррасного склона, близ мест их выхода всегда наблюдаются мощные залежи (до 6 м) осоково-гиново-торфа. Однообразие (по ботаническому составу) этих залежей, прерываемое иногда лишь минеральными делювиальными прослойками, объясняется обилием и постоянством дебита грунтовых вод, питающих болото. Поэтому разрез этих болот, несмотря на мощность их притеррасных частей, представляется весьма элементарным — мощный слой совершенно однородного и довольно хорошо проницаемого торфа.

Ниже торфа залегает глина, которая в свою очередь покоится на водоносном напорном слое (рис. 191). Дно воронки, в которой залегает торф, доходит до водоносного слоя. Через это дно и поступает в болото напорная вода.

## § 10. Переувлажненные минеральные грунты

Ниже рассматриваются наиболее типичные переувлажненные минеральные грунты.

1. *Песчаные переувлажненные минеральные почво-грунты* преобладают среди дюнных ландшафтов. Обычно мало плодородны в естественном своем состоянии; имеют мощность от 0,5 до 10 м и больше. Избыточное увлажнение такие грунты имеют в результате двух причин:

- а) наличия непроницаемых прослоек в виде ортштейна или оглеения при пологом рельефе со слабыми уклонами;
- б) подтопления (т. е. повышения уровня грунтовых вод, вызываемого соответствующим подъемом горизонта водопринимника).

2. *Глинистые или суглинистые переувлажненные почво-грунты* встречаются, например, на моренных ландшафтах и делювиальных отло-

жениях. Обычно уровень глубинных грунтовых вод располагается ниже 3—5 м от дневной поверхности. Лишь весной появляется верховодка. В основном избыточное увлажнение таких типов почв происходит в результате застоя атмосферных осадков.

3. *Суглинистые или глинистые переувлажненные почво-грунты* иногда встречаются на склонах и местных водоразделах. Мощность таких грунтов — от 1 до 10 м и более. Под такими слоями располагается напорный грунтовый поток, питающий в основном эти земли. Профили этих грунтов могут быть различные. Типичный профиль наиболее распространенных в осушительной практике минеральных избыточно увлажненных грунтов таков (рис. 192).

Горизонт  $A_1$  — окрашен перегноем в более или менее черный цвет с преобладанием корней травяной растительности. Этот слой проницаем для воды. Влагоемкость его — 50—60% к общему объему. Мощность этого слоя — обычно 0,1—0,4 м.

Горизонт  $A_2$  — оподзоленный, выщелоченный, светлый, мелкозернистый; состоит почти целиком из кремнезема. Влагоемкость этого слоя и скважность значительно меньше, чем у горизонта  $A_1$ . В естественных условиях, пронизанный ходами отмерших корней, он довольно проницаем. При обнажении оподзоленного горизонта его верхний слой быстро изменяет свои свойства и становится плохо водопроницаемым. Мощность горизонта  $A_2$  зависит от интенсивности подзолообразовательного процесса и колеблется обычно от 0,2 до 1 м.

Горизонт В — оглеенный, уплотненный, большей частью сизого цвета (встречается белый, черный и др.). Значительно более развит

и имеет большую мощность в пониженных частях рельефа. На водоразделах он развит слабо в виде желваков, отеков и вообще прерывистых образований.

Оглеенный горизонт практически водонепроницаем. Мощность его различна — от тонких жил в 1—2 см толщиной и до 0,5 м.

При существовании условий, благоприятствующих накоплению на поверхности органического вещества, что бывает обычно под пологом леса (низкая температура и насыщенность водой), вместо глея образуется орштейн.

Горизонт С — залегает ниже оглеенного или орштейнового горизонта. Это собственно уже порода, не измененная почвообразовательными процессами. Она обычно представлена суглинками и глинами. Когда эта порода является моренной глиной, нередки случаи наличия прослоек щебня и песка. Горизонт С является более проницаемым, нежели глей и орштейн.

## § 11. Характеристика водосборной площади

Для характеристики водосборной площади нужны следующие данные.

1. *Величина и форма водосборной площади.* Определяется по имеющимся картам. Для этой цели пригодны карты 1 : 25 000, 1 : 50 000 или более мелкие, желательно с горизонтальными. Данные, полученные из карт, проверяются путем рекогносцировочного осмотра. В случае невозможности найти водораздельную линию на карте, необходимо проинвентариро-

вать несколько линий по направлению от осушаемого участка к предполагаемому водоразделу по кратчайшему пути. Величина водосборной площади определяется планиметрированием или разбивкой на элементарные площадки.

Форма площади отчасти может быть охарактеризована коэффициентом ее удлиненности; этот коэффициент равен отношению длины водораздельной линии к периметру равновеликого круга (как фигуры, обладающей минимальным периметром при постоянной площади):

$$K = 2,8 \frac{l}{\sqrt{F}},$$

где  $K$  — коэффициент удлиненности;

$l$  — длина водораздельной линии в километрах;

$F$  — величина водосборной площади в гектарах.

Обычно значение  $K$  изменяется в пределах от 1 до 1,5.

Важным является указание конкретного взаимного расположения частей водосборной площади.

2. *Топография, рельеф водосбора и водосборной площади, растительный покров, гидрография, почвы, хозяйственное использование.* Из элементов топографии, рельефа и гидрографии нужно обратить внимание на крутизну склонов, тальвеги, пересеченность рельефа и другие компоненты, определяющие характер поверхностного стока. Знание почв водосбора, растительности и хозяйственного использования позволяет судить как о характере стока (замедление в лесу, уменьшение коэффициента стока на песках, влияние болот и озер на сток и т. д.), так и о причинах образования болота и типе его питания. Здесь надобно учесть распаханность водосбора, размываемость почв, оврагообразовательные процессы, возможность эрозии и т. д.

Анализ характера водосбора помогает установить причину образования болота или переувлажненных минеральных земель, тип их питания, питательный режим, схему осушения, возможность хозяйственного использования и т. д.

Зная характер, величину, форму и другие элементы водосборной площади, можно определить элементы стока (расходы, время стока и т. д.), которые являются одними из основных расчетных данных для проектирования осушительных систем.

### ГЛАВА III

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ

### § 12. Расчетные расходы

В качестве расчетных расходов берутся расходы следующих основных фаз гидрологического года:

1) расход весенних полых вод — для расчета гидротехнических сооружений на сети и для интенсивной осушки при севообороте с озимыми культурами;

2) предпосевной расход, соответствующий горизонту весенних пафодков в период начала полевых работ;

3) меженный (бытовой) расход — для поверочного расчета каналов, креплений каналов и сопряжений горизонтов боковых и магистральных каналов.

### § 13. Модуль поверхностного стока

Модулем, или нормой поверхностного стока называется величина стока с единицы водосборной площади, выраженная в секундолитрах с гектара.

Коэффициент стока — отношение величины речного стока с данного бассейна к количеству выпавших в нем атмосферных осадков.

Это отношение представляется обычно в таком виде:

$$c = \frac{Q}{h \cdot \Omega \cdot 10\,000}$$

где  $Q$  — общее количество воды в кубических метрах, прошедшее через створ водотока с данного бассейна площадью  $\Omega$  за время  $T$ ;

$h$  — количество осадков в метрах, выпавшее за тот же период.

В осушительной практике большей частью пользуются не коэффициентом стока, а модулем стока. При определении модуля стока лучше всего брать для расчета имеющиеся величины фактически наблюдаемого модуля стока в условиях данного объекта осушения или близких к ним. Однако эти данные в настоящее время имеются далеко не везде; они не систематизированы, разпылены; поэтому чаще всего модуль стока определяется теоретически.

Фактические данные о модуле стока получаются в результате наблюдений на водомерных постах, обслуживающих водосборные площади типичных ландшафтов. Такие данные должны быть собраны не менее как за 5 лет.

Фактические данные необходимы для составления мелиоративных проектов на крупные площади или для проектов по урегулированию рек — водоприемников.

Для получения фактических данных по модулю стока рекомендуется заблаговременно установить водомерные посты на тех крупных объектах, на которых планируются строительные работы.

При расстановке постов следует руководствоваться такими правилами.

А. На осушаемых площадях посты ставятся: 1) на основном водоприемнике близ возможного впадения магистральных каналов, 2) на мелких естественных или искусственных водостоках, имеющих достаточно типичные бассейны для осушаемого района.

Б. На реках посты ставятся: 1) в начале (голове) участка, подлежащего урегулированию; 2) в нижней части того же участка; 3) на самых значительных притоках реки, подлежащей регулированию; 4) на всех участках, где река изменяет свой характер (по ландшафту, сечению и пр.); 5) в местах резкого изменения общего направления потока.

Перед решением вопроса об организации новых постов следует навести справки (в отделе мелиорации облзу или местном гидрометкомитете), не имеется ли в интересующем нас районе водомерных постов.

### § 14. Определение величины поверхностного стока дождевых осадков с небольших водосборных площадей для района Москвы

П. А. Дудкин, в результате обработки омбрографических записей интенсивности дождей за 22-летний период наблюдений (с 1912 по 1934 г. включительно) обсерваторией им. Михельсона Московской ордена Ленина с.-х. академии им. К. А. Тимирязева, дал метод для определения (теоретическим путем) величины летнеявроводкового расхода с небольших

водосборов.\* Величина максимального расхода от выпавшего дождя равна:

$$Q = i \cdot F, \quad (1)$$

где  $\sigma$  — коэффициент стока;

$i$  — средняя интенсивность дождя в миллиметрах в минуту;

$F$  — площадь водосбора в квадратных километрах;

$T$  — время выпадения (продолжительность) дождя в минутах;

$H$  — количество выпавших осадков в мм; оно определяется по графику (рис. 193).

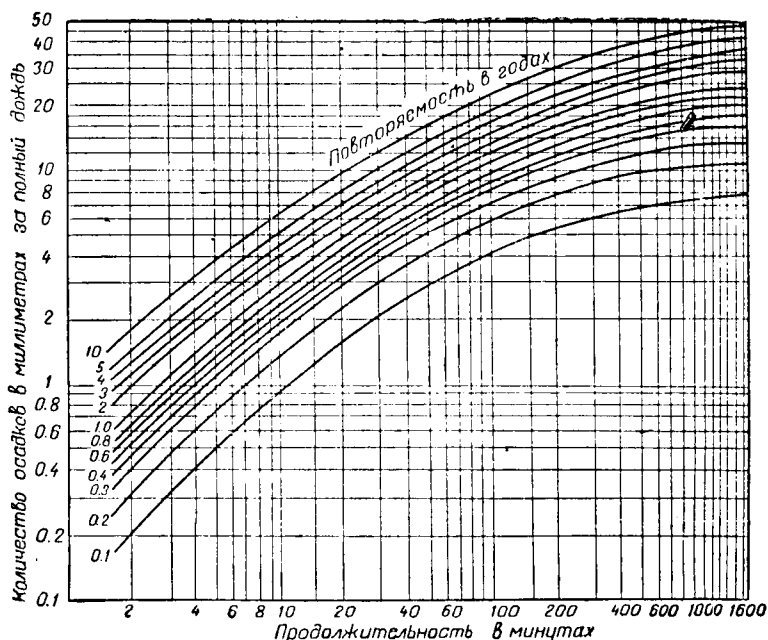


Рис. 193. График зависимости количества осадков от их повторяемости и продолжительности для района Москвы.

При  $i = \frac{H}{T}$ , выраженном в миллиметрах в минуту, и  $F$  — в квадратных километрах, для определения  $Q$  в кубических метрах в секунду имеется следующая формула:

$$Q = 16,67 \cdot F \cdot \frac{H}{T} \text{ м}^3/\text{сек.} \quad (2)$$

Коэффициент замедления стока в формуле отсутствует, потому что, как считает автор, для  $F < 60 \text{ км}^2$  им можно пренебречь.

\* Журнал «Метеорология и Гидрология», 1936, № 7.

Таблица для определения величины коэффициента стока  $\sigma$  (в формуле П. А. Дудкина)

Поверхности в естественном состоянии	Слабые уклоны (до 0,01)	Умеренные уклоны (0,01—0,05)	Сильные уклоны 0,05
Сплошные леса и роши . . . . .	0,05	0,10	0,15
Рыхлые каменные и песчаные грунты . . . . .	0,10	0,15	0,20
Поросли и кустарники на песчаном грунте . . . . .	0,15	0,20	0,25
То же на глинистом грунте . . . . .	0,20	0,25	0,30
Обработанные поля на песчаном грунте . . . . .	0,20	0,25	0,30
То же на глинистом грунте . . . . .	0,25	0,30	0,35
Степи и луга на песчаном грунте . . . . .	0,25	0,30	0,35
То же на глинистом грунте . . . . .	0,30	0,35	0,40

Зависимость количества осадков от их повторяемости и продолжительности определяются по графику (см. рис. 193).

Продолжительность дождя ( $T$ ) в минутах определяется по формуле:

$$T = \frac{l}{60v_c} + \frac{l_1}{60v_k}; \quad (3)$$

где  $l$  — наибольшая длина водосборного ската в метрах;

$l_1$  — наибольшая длина пути по каналам в метрах;

$v_c$  — скорость течения воды по скату (в метрах в секунду);

$v_k$  — скорость течения воды в канале в метрах в секунду.

Значение средней скорости течения воды по скату можно определять по формуле:

$$v_c = \frac{61}{\gamma} \sigma H \sqrt{J} \quad \text{в метрах в секунду,} \quad (4)$$

где  $\sigma$  определяется по вышеприведенной таблице.

Д. П. Юневич рекомендует следующие значения коэффициента шероховатости  $\gamma$ :

Характер поверхности	$\gamma$
Вспаханная поверхность вдоль склона . . . . .	3,8
Поверхность без дерна, укатанная . . . . .	7,0
Поверхность без дерна, вспаханная поперек склона . . . . .	10,8

Для поверхностей в естественном состоянии коэффициент шероховатости определяется по шкале Horton'a (см. табл. на стр. 477).

Скорость течения воды в осушительных каналах в каждом отдельном случае определяется средней скоростью воды в канале при полном заполнении.

Вычисления ведутся подбором. Сначала задаются некоторым значением скорости стекания по скату; по уравнению (3) определяют значение  $T$  и количество осадков  $H$ . Имея  $H$ , проверяют правильность принятой величины скорости течения по скату по формуле (4); если расхождения не больше 5—7%, то вычисляют максимальный расход дождевого паводка по формуле (2);

### Коэффициент шероховатости по Хортону

Состояние русла	Превосходное	Хорошее	Среднее	Плохое
Чистое прямое русло, негладкое, без перекатов и омутов . . . . .	0,025	0,0275	0,030	0,033
То же, что в п. 1, но более заросшее и с камнями . . . . .	0,030	0,033	0,035	0,040
Турбулентное движение, с редкими омутами, подмелями, чистое . . . . .	0,033	0,035	0,040	0,045
То же, что и в п. 3, но с более грубым руслом, неравными откосами и сечением . . . . .	0,040	0,045	0,050	0,055
То же, что и в п. 3, но с более заросшим руслом и камнями . . . . .	0,035	0,040	0,045	0,050
То же, что и в п. 4, но с каменистым ложем . . . . .	0,045	0,050	0,055	0,060
Реки с медленным течением, более заросшие, со многими глубокими омутами . . . . .	0,050	0,060	0,070	0,080
Заросшие на большом протяжении . .	0,075	0,100	0,125	0,150

Приводим пример расчета (из работы П. А. Дудкина).  $F = 6,07 \text{ км}^2$ , водосбор — лесной, боровой; наибольшая длина ската  $l = 400 \text{ м}$  и уклон его  $J = 0,01$ ; наибольшая длина каналов  $l_1 = 2\,500$ ;  $v_h = 0,4 \text{ м/сек.}$  (ольшаниковый торф);  $\sigma = 0,20$  и  $\gamma = 5,5$  /по Срибному). Повторяемость расчетного расхода — 1 раз в год.

1-е приближение. Принимаем  $v_c = 0,01 \text{ м/сек.}$

По формуле (3):

$$T = \frac{400}{60 \cdot 0,01} + \frac{2\,500}{60 \cdot 0,4} = 771 \text{ мин.}$$

Имея  $T$ , определяем по графику (стр. 475) величину  $H$ , которая при повторяемости 1 раз в год равна 22 мм. Проверяем принятую величину скорости течения по скату по уравнению (4):

$$v_c = \frac{61}{5,5} \cdot 0,2 \cdot 0,022 \cdot \sqrt{0,01} = 0,0049 \text{ м/сек.}$$

Полученное значение  $v_c$  значительно меньше принятого, поэтому берем меньшее значение.

2-е приближение. Принимаем  $v_c = 0,005 \text{ м/сек.}$  Имеем:

$$T = \frac{400}{60 \cdot 0,005} + \frac{2\,500}{60 \cdot 0,4} = 1437 \text{ мин.}$$

По графику  $H = 24 \text{ мм.}$  Тогда:

$$v_c = \frac{61}{5,5} \cdot 0,2 \cdot 0,024 \cdot \sqrt{0,01} = 0,0053 \text{ м/сек.}$$

Полученная скорость отличается менее чем на 5—7% от принятой. По уравнению (2):

$$Q = 16,67 \sigma F \cdot \frac{H}{T} = 16,67 \cdot 0,2 \cdot 6,07 \cdot \frac{24}{1437} = 0,338 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

$$\text{Модуль стока } q = \frac{0,338 \cdot 1\,000}{607} = 0,56 \text{ секундолитра с гектара.}$$

П. А. Дудкин считает возможным распространить этот метод определения модуля стока на другие районы СССР, по которым гидрометрические материалы отсутствуют.

## § 15. Определение максимального расхода талых вод

Формула проф. Д. И. Соколовского

Автором использованы данные многочисленных наблюдений, причем все данные о максимальных расходах (за небольшим исключением) получены в результате систематических водомерных и гидрометрических измерений в каждом пункте. Этим они отличаются от большинства данных Д. И. Кочерина (полученных по формулам Шези и опросному горизонту и использованных в его формулах).

Максимумы (максимальные расходы) сгруппированы по районам согласно произведенному районированию европейской части СССР по характеру максимальных модулей весеннего стока и по географическим особенностям того или иного района. Выделены следующие зоны: зона тундры (А), лесная зона (Б), лесостепная (В) и степная (Г). Некоторые из этих зон подразделяются на области и районы (см. рис. 194).

Максимальные расходы талых вод характеризуются их модулями, выражающими число кубических метров воды осадков, стекающих в секунду с 1 км<sup>2</sup> площади бассейна.

Общее выражение модуля максимального стока следующее:

$$M_{max} = \frac{A_T}{f(F)},$$

где  $A_T$  — значение максимального элементарного стока с бесконечно малой площадки, или

$$M_{max} = \frac{A}{F^n},$$

$$n \text{ — около } 0,25; \quad A = M \cdot \sqrt[4]{F},$$

где  $A$  и  $M$  выражены в кубических метрах в секунду.

В том случае, когда  $A$  должно быть выражено в миллиметрах слоя воды в 1 час, формула приобретает такой вид:

$$A = \frac{M \cdot \sqrt[4]{F}}{0,278},$$

где 0,278 — переводный коэффициент;

$M$  — модуль стока в кубических метрах в секунду.

Если модуль стока  $M$  выражен в литрах в секунду, а  $A$  должно быть выражено в миллиметрах слоя воды в 1 час, то получим такую формулу:

$$A = \frac{M \cdot \sqrt[4]{F}}{1\,000 \cdot 0,278}.$$

Для расчетов по этой формуле необходимо пользоваться тремя картами.

На картах нанесены изолинии норм максимального стока талых вод, в миллиметрах в час для европейской части СССР. При этом дается: а) среднее значение максимума (рис. 195 а), б) максимума при 5% обеспеченности (рис. 195 б), в) максимума при 1% обеспеченности (рис. 195 в).

Модуль максимального стока на основании карт может быть определен по уравнению:

$$M_{max} = \frac{0,278A}{\sqrt[4]{F}} \cdot 1\,000 \text{ л/сек.},$$

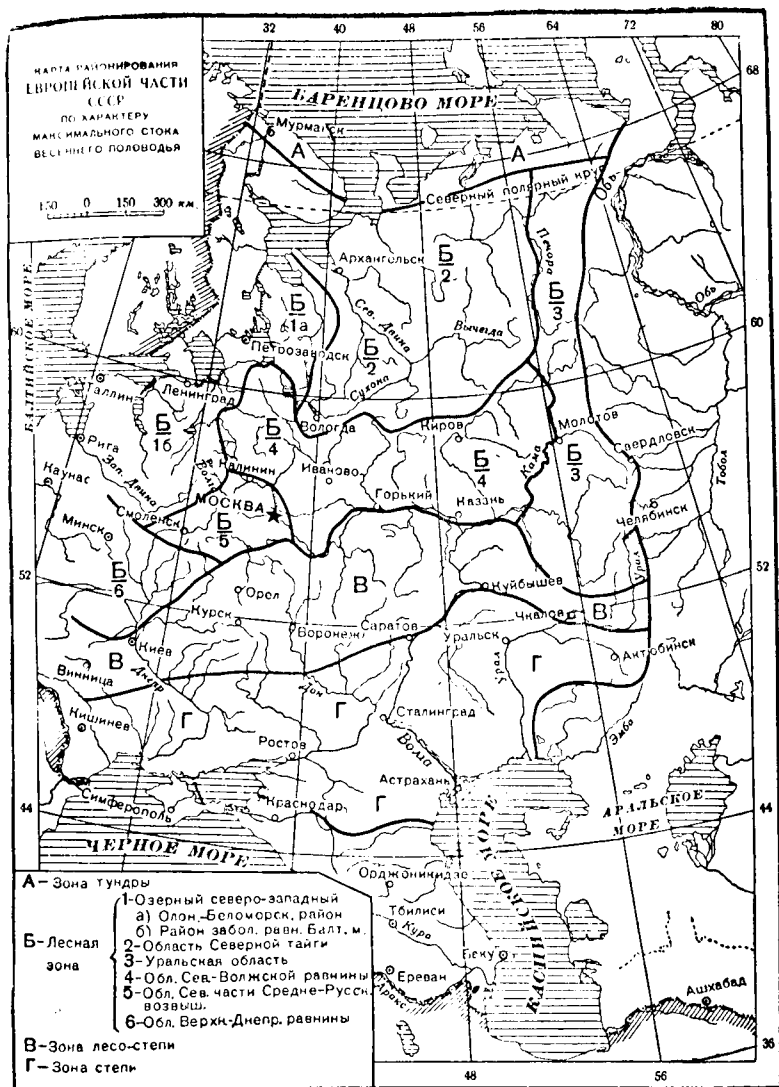


Fig. 194. Карта районирования европейской части СССР по характеру максимального стока весеннего половодья.

где А — величина элементарного максимального стока, обозначенная на карте \*.

\* Значения коэффициента А и модуля М даются в таблицах, приложенных к книге Д. Л. Соколовского «Нормы максимальных стоков весенних паводков», 1937 г.

Значения максимального стока (при нанесении их на карту) относились не к створу, а ко всему водосбору в целом — к геомегрическому его центру. Поэтому для избежания ошибок рекомендуется пользоваться картами для малых водосборов. Эти карты дают возможность приблизительно установить норму максимального стока, свойственную данному району для типичных водосборов, или районную норму максимального стока заданной обеспеченности.

Для северных районов (северное Заволжье и Северная область) с густыми лесами вводится коэффициент на лесистость  $K = 1 - 0,6\gamma$ , где  $\gamma$  — относительная лесистость (в долях от единицы).

Для более южных районов, где менее густые леса вызывают меньшую редукцию пика паводка:

$$K = 1 - 0,3\gamma.$$

Зависимость коэффициента  $A$  от величины озерности и заболоченности следующая:

$$A_{5\%} = 2,32 - 1,50 \lg(0,20\beta + \alpha + 1), \quad (a)$$

$$A_{1\%} = 2,77 - 1,67 \lg(0,20\beta + \alpha + 1), \quad (б)$$

где  $\beta$  — процент заболоченности водосбора;  $\alpha$  — процент озерности.

Эти уравнения могут служить также для водосборов только озерных или только заболоченных.

Типичной нормою максимального элементарного стока (величины коэффициента  $A$ ) для лесной зоны всего СССР является  $A = 2$  м<sup>3</sup>/сек. или  $\infty 7,0$  мм в час.

Примеры расчета (заимствованы из работы Соколовского).

*Пример 1.* Требуется определить максимальный расход талых вод реки в бассейне р. Москвы с площадью водосбора  $F = 4,5$  км<sup>2</sup>. Рельеф пересеченный, озер и болот нет. По карте изолиний максимального элементарного стока находим  $A_{5\%} = 9,0$  мм/час;  $A_{1\%} = 12,0$  мм/час.

$$M_{5\%} = \frac{0,278 \cdot A}{\sqrt[4]{F}} = \frac{2,5}{1,45} = 1,72 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

$$M_{1\%} = \frac{3,33}{1,45} = 2,29 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

$$Q_{5\%} = 4,5 \cdot 1,72 = 7,75 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

$$Q_{1\%} = 4,5 \cdot 2,29 = 10,3 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

*Пример 2.* Требуется определить максимальный расход в том же районе для реки с площадью 50 км<sup>2</sup>. Река вытекает из небольшого озера с площадью зеркала в 1,5 км<sup>2</sup>. Кроме того, в водосборе имеется болото, занимающее площадь 6 км<sup>2</sup>.

Следовательно:

$$\alpha = \frac{1,5}{50} \cdot 100 = 3\%,$$

$$\beta = \frac{6}{50} \cdot 100 = 12\%.$$

По формуле (a) находим, что при таком проценте озерности и заболоченности редукция составляет:

$$K = \frac{2,32 - 1,50 \lg(0,20\beta + \alpha + 1)}{2,32} = \frac{1,11}{2,32} = 0,48 \leq 0,50.$$

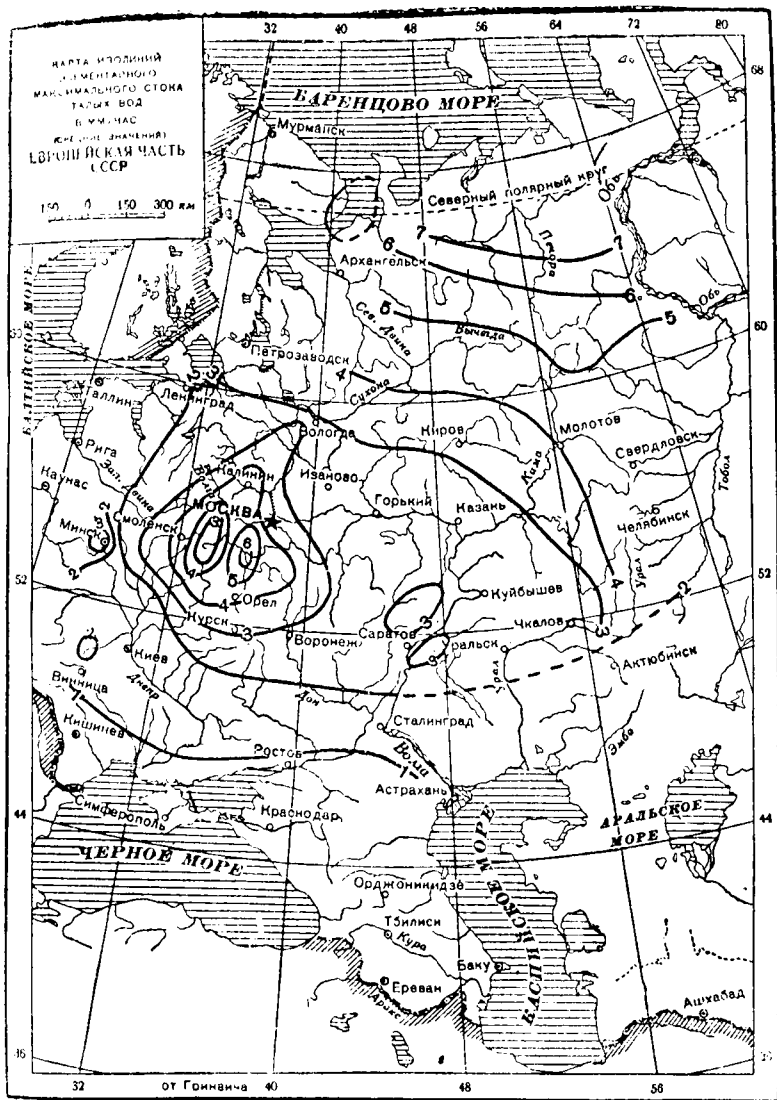


Рис. 195а. Карта изолиний элементарного максимального стока талых вод в миллиметрах в час (средние значения). Территория европейской части СССР.

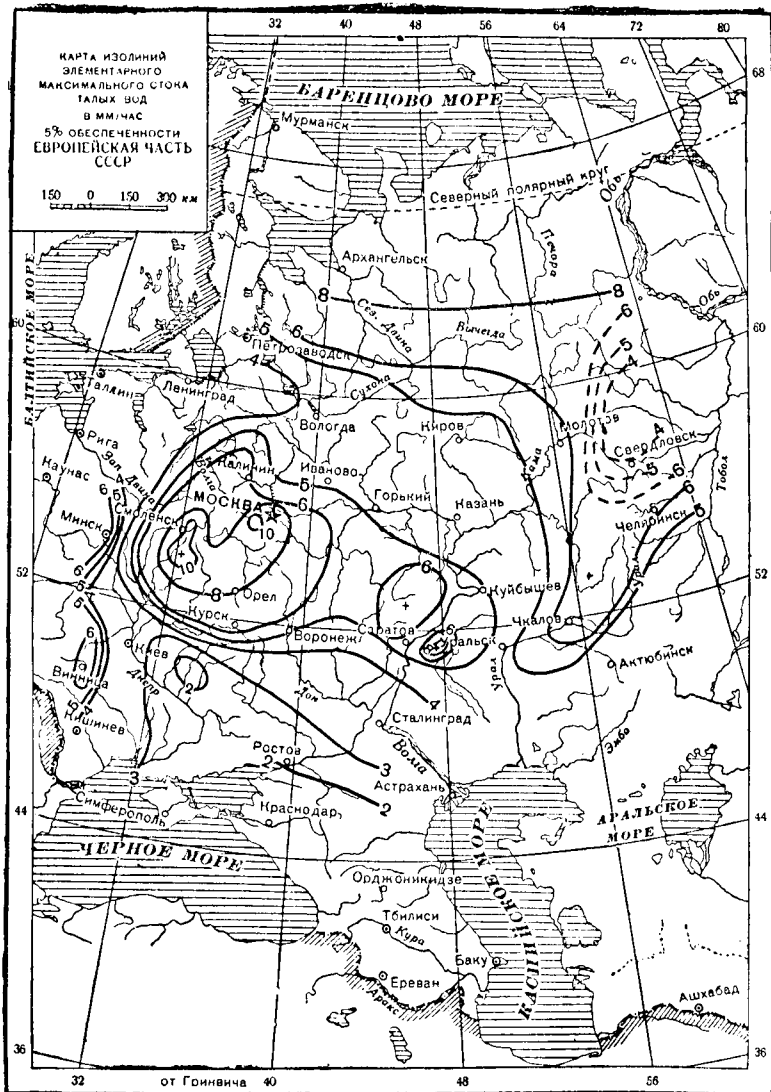


Рис. 1956. Карта изолиний элементарного максимального стока талых вод в миллиметрах в час (5% обеспеченности). Территория европейской части СССР.

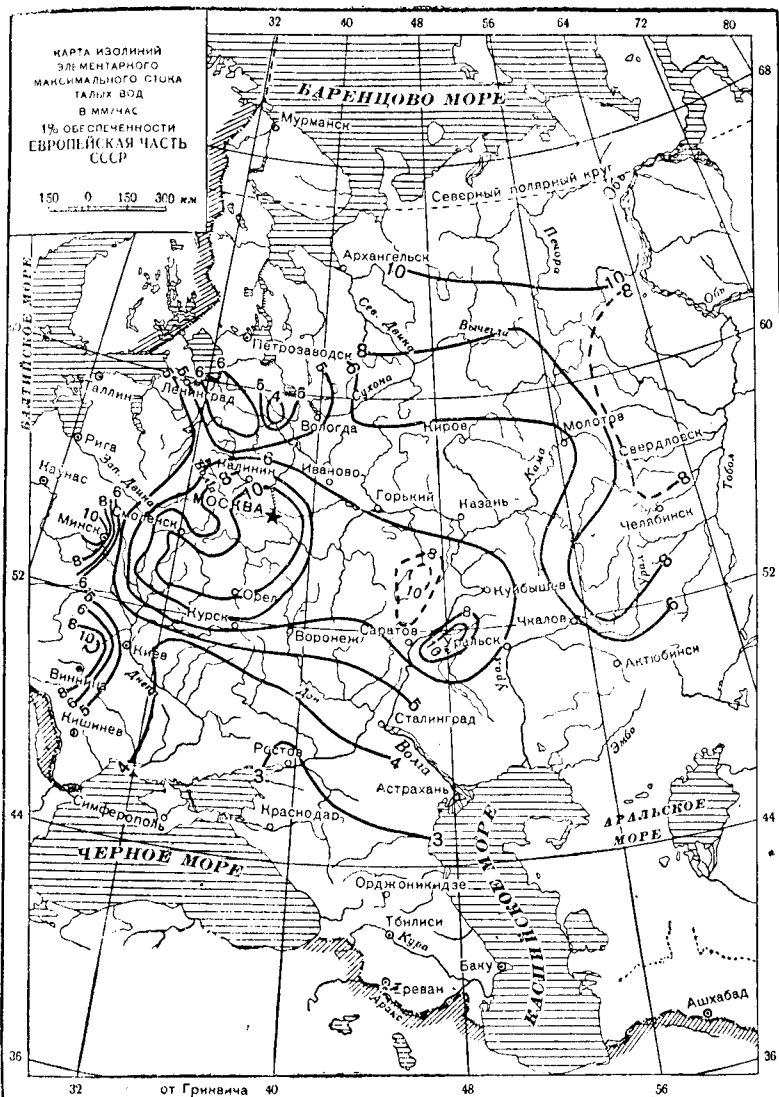


Рис. 195в. Карта изолиний элементарного максимального стока талых вод в миллиметрах в час (1% обеспеченности). Территория европейской части СССР.

Следовательно, определяем на основании данных примера 1:

$$A_{5\%} = 4,5 \text{ мм/час}; \quad A_{1\%} = 6,0 \text{ мм/час};$$

$$M_{5\%} = \frac{0,278 \cdot A}{\sqrt[4]{50}} = \frac{1,25}{2,66} = 0,47 \text{ м}^3/\text{сек}; \quad M_{1\%} = \frac{1,67}{2,66} = 0,63 \text{ м}^3/\text{сек};$$

$$Q_{5\%} = 50 \cdot 0,47 = 24 \text{ м}^3/\text{сек}; \quad Q_{1\%} = 50 \cdot 0,63 = 32 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

## § 16. Обычные эмпирические формулы для расчета стока в осушении

Гидрологический расчет осушительных систем производится в зависимости от типа севооборота, подлежащего организации на осушаемой территории, в соответствии с указаниями следующей таблицы (из инструкции по составлению технических проектов осушения на 1938 г.).

Тип севооборота	Не допускается затопление паводковыми водами	Расчетные периоды	
		Основной	Поверочный
1. Сенокосный	От начала вегетации до окончания уборки	Летнепаводковый	Бытовой
2. Пастбищный	В течение вегетационного периода	Предпосевной	Летнепаводковый, бытовой
3. Полевой без озимых	В течение вегетационного периода	Предпосевной	Посевной бытовой
4. Полевой с озимыми	Затопление недопустимо совершенно	Весенний паводок	Посевной бытовой
5. Овощной	От начала сева — до окончания уборки	Предпосевной	Посевной бытовой

Гидрологический расчет производится на основании результатов обработки имеющихся фактических данных по стоку для рассматриваемого водосбора. При отсутствии фактических наблюдений над стоком для проектируемого участка гидрологический расчет производится по эмпирической формуле ВНИИГиМ.

### Эмпирические формулы ВНИИГиМ для определения стока

Характеристика водосбора	Области			
	Смоленская	Московская Калининская, Ярославская	Ивановская, Кировская, Горьковская	Ленинградская
I. Водосборы с холмистым рельефом, слабо заболоченным, с преобладанием глинистых почв . . . . .	$q_m = P_0 \frac{5,52}{F^{0,11}}$	$q_m = P_1 \frac{16,87}{F^{0,14}}$	$q_m = P_2 \frac{52,98}{F^{0,26}}$	$q_m = \frac{14}{F^{2,5}}$
II. Водосборы с пологими склонами, с преобладанием песчаных и песчаноболотных почв	$q_m = P_0 \frac{5,52}{F^{0,11}}$	$q_m = P_1 \frac{8,23}{F^{0,15}}$	$q_m = P_2 \frac{35,0}{F^{0,19}}$	—

в этих формулах:

$q_m$  — максимальный модуль стока в литрах в секунду с 1 га;

$F$  — площадь водосбора в гектарах;

$P_1, P_2, P_3$  — коэффициенты, зависящие от принимаемой повторяемости расчетного модуля стока и определяемые следующей таблицей.

Значение коэффициентов  $P_1, P_2$  и  $P_3$  в формулах ВНИИГиМ

Коэффициенты	Расчетный модуль стока повторяется 1 раз в			
	15 лет	10 лет	4 года	2 года
$P_1$ .....	1,0	0,93	0,70	0,44
$P_2$ .....	1,0	0,98	0,87	0,64
$P_3$ .....	1,0	0,94	0,77	0,60

$P_0$  — отношение медианной ординаты, соответствующей кривой распределения Фостера с коэффициентом вариации:

$C_v = \frac{7,164}{F^{0,273}}$  к ординате, соответствующей расчетной повторяемости.

Формулы для предпосевного, посевного и бытового модулей стока

Расчетный период	Характер водосбора
Предпосевной	Водосборы с холмистым рельефом (крутые склоны), с преобладанием глинистых почв, слабо заболоченные: $q_{np} = kq_m$ л/сек.
	Водосборы с пологими склонами с преобладанием песчаных и песчано-болотных почв: $q_{np} = k_1q_m$ л/сек.
Посевной	Независимо от характера водосбора $q_n = 0,25 q_m$ л/сек.
Бытовой	$\left\{ \begin{array}{l} q = 0,02 \text{ л/сек.}; \text{ Смоленская область} \\ q = 0,04 \text{ л/сек.}; \text{ Московская, Калининская, Ярославская} \\ q = 0,05 \text{ л/сек.}; \text{ Ивановская, Кировская, Горьковская} \end{array} \right.$

Здесь:  $q_{np}$  — предпосевной модуль стока в литрах в 1 секунду с 1 га;

$q_n$  — посевной модуль стока в литрах в 1 секунду с 1 га;

$q_m$  — максимальный модуль стока в литрах в 1 секунду с 1 га;

$k$  и  $k_1$  — коэффициенты, зависящие от времени допускаемого затопления осушаемой площади во время весеннего паводка; эти коэффициенты определяются формулами:

$$k = \frac{1,64}{T^{0,34}} - 0,40; \quad k_1 = \frac{3,63}{T^{0,2}} - 1,64,$$

где  $T$  — время затопления, допускаемое для осушаемой площади; оно определяется таблицей (см. табл. на стр. 486).

Таблица значений T

Вид севооборота	Допускаемое время затопления в сутках
Севооборот сенокосный . . . . .	20—25
» пастбищный . . . . .	10—15
» полевой без озимых . . . . .	10—15
» полевой с озимыми . . . . .	5—7
» овощной . . . . .	3—5

Для районов, где не имеется ни фактических данных о стоке, ни местных формул стока, иногда можно пользоваться формулой Ишковского (см. «Справочник», том II, стр. 221—226).

Для Белоруссии и северной части украинского Полесья применима формула проф. А. Д. Дубаха для определения максимума стока за период вегетации (летнепаводковых расходов):

$$q = \frac{3}{\sqrt[3]{F}} \cdot \frac{k}{1,55} \sqrt[4]{\frac{J}{0,0003}} \text{ л в секунду с 1 га;}$$

- где  $F$  — площадь водосбора в гектарах;  
 $J$  — средний уклон рассчитываемого канала;  
 $q$  — модуль стока в литрах с 1 га;  
 $k$  — коэффициент прихода-расхода влаги, определяемый по таблице;

Таблица значений коэффициентов прихода-расхода влаги  $k$

Край, область, район	Коэффициент $k$	Край, область, район	Коэффициент $k$
Архангельская . . . . .	1,68	Московская . . . . .	1,36
Вологодская . . . . .	1,51	Владимирская . . . . .	1,40
Карело-Финская ССР . . . . .	1,60	Рязанская . . . . .	1,01
Ленинградская . . . . .	1,67	Кострома . . . . .	1,55
Новгородский . . . . .	2,00	Горьковский . . . . .	1,10
Псковский . . . . .	1,77	Тамбовская . . . . .	0,93
Калининская . . . . .	1,62	Пенза . . . . .	0,93
Витебск . . . . .	1,81	Татарская АССР . . . . .	0,96
Минск . . . . .	1,55	Кировский . . . . .	1,10
Могилев . . . . .	1,45	Молотовская . . . . .	1,20
Смоленская . . . . .	1,55	Башкирская АССР . . . . .	1,19
Подольская . . . . .	0,98	Чкаловская . . . . .	0,56
Киевская . . . . .	0,88	Куйбышевский . . . . .	0,48
Черниговская . . . . .	1,35	Саратовская . . . . .	0,60
Полтавская . . . . .	0,80	Сталинградская . . . . .	0,24
Орловская . . . . .	1,20	Азово-Черноморский . . . . .	0,51
Курская . . . . .	0,80	Днепропетровская . . . . .	0,68
Харьковская . . . . .	0,82	Херсон . . . . .	0,50
Воронежская . . . . .	0,85	Молдавская АССР . . . . .	0,60
Тульская . . . . .	1,05	Свердловская . . . . .	0,27

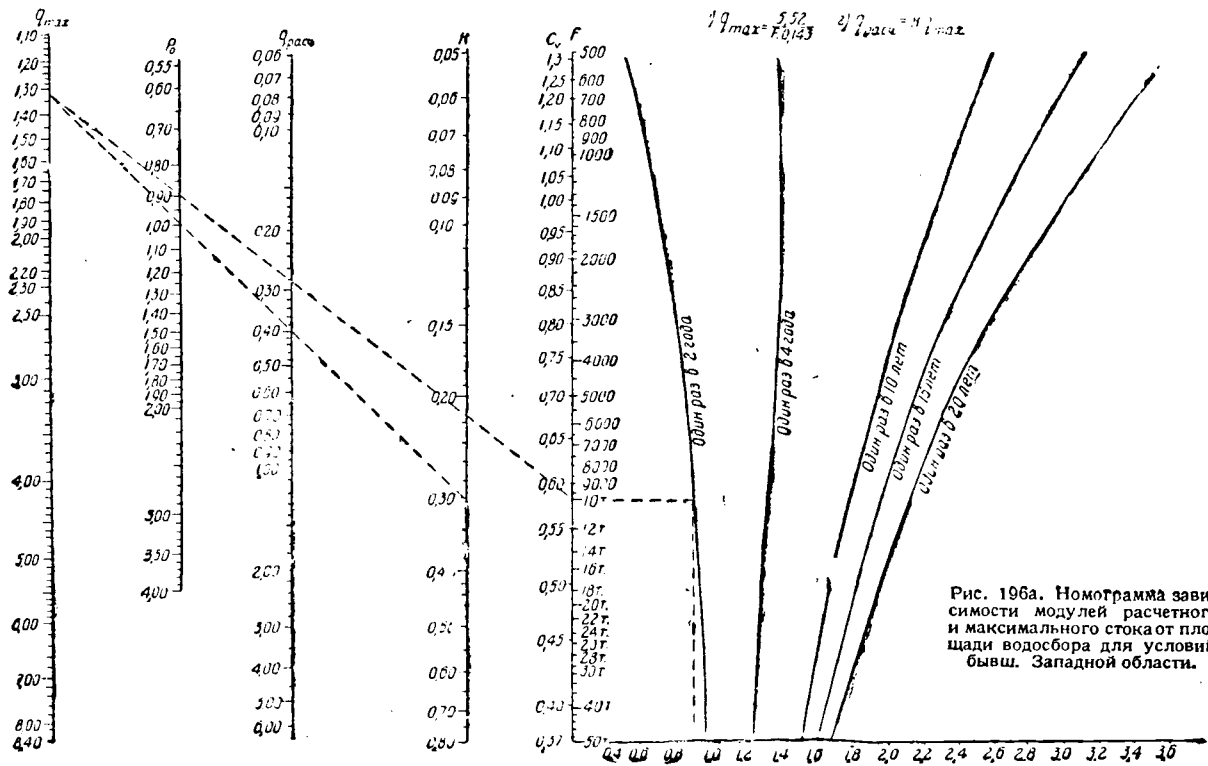
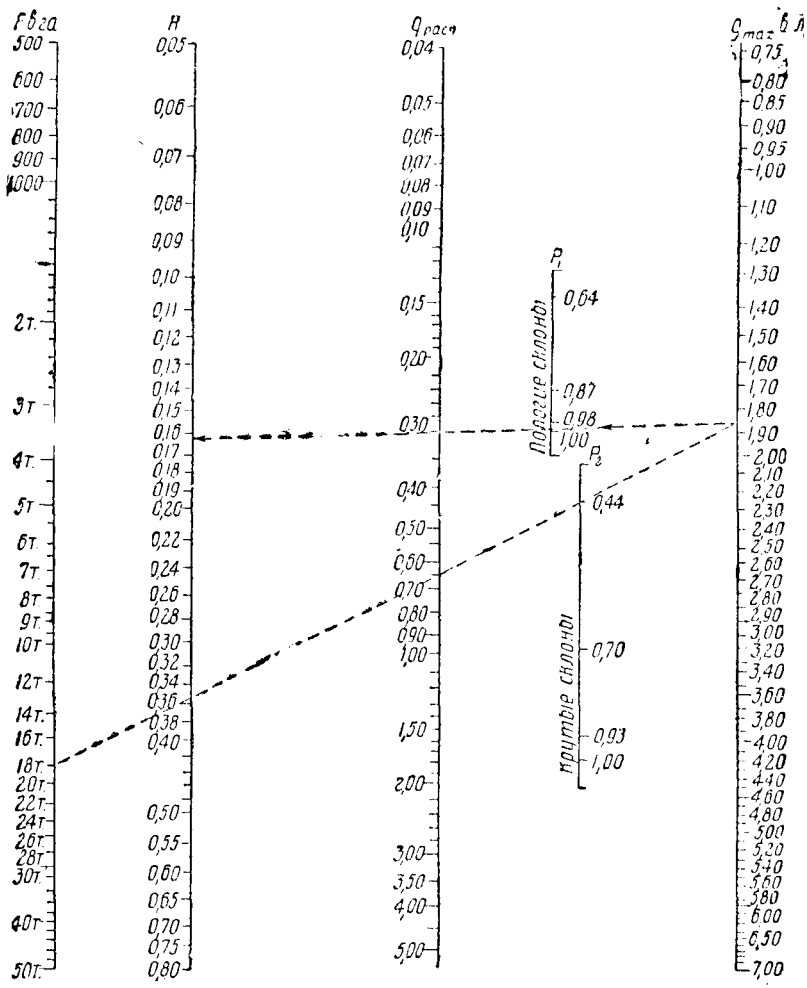


Рис. 196а. Номограмма зависимости модулей расчетного и максимального стока от площади водосбора для условий бывш. Западной области.



Гис. 1966. Номограмма зависимости расчетного и максимального стока от площади водосбора для условий Московской и Калининской областей.

### Интенсивность осадков

Величина интенсивности осадков входит в формулы, определяющие водный баланс осушаемых территорий, расстояние между собирательными каналами, а также и в некоторые формулы, определяющие величину стока.

Действительная интенсивность затяжных осадков в час, выраженная в слое воды в метрах, определяется следующей таблицей (см. верхнюю таблицу интенсивности осадков на стр. 490).

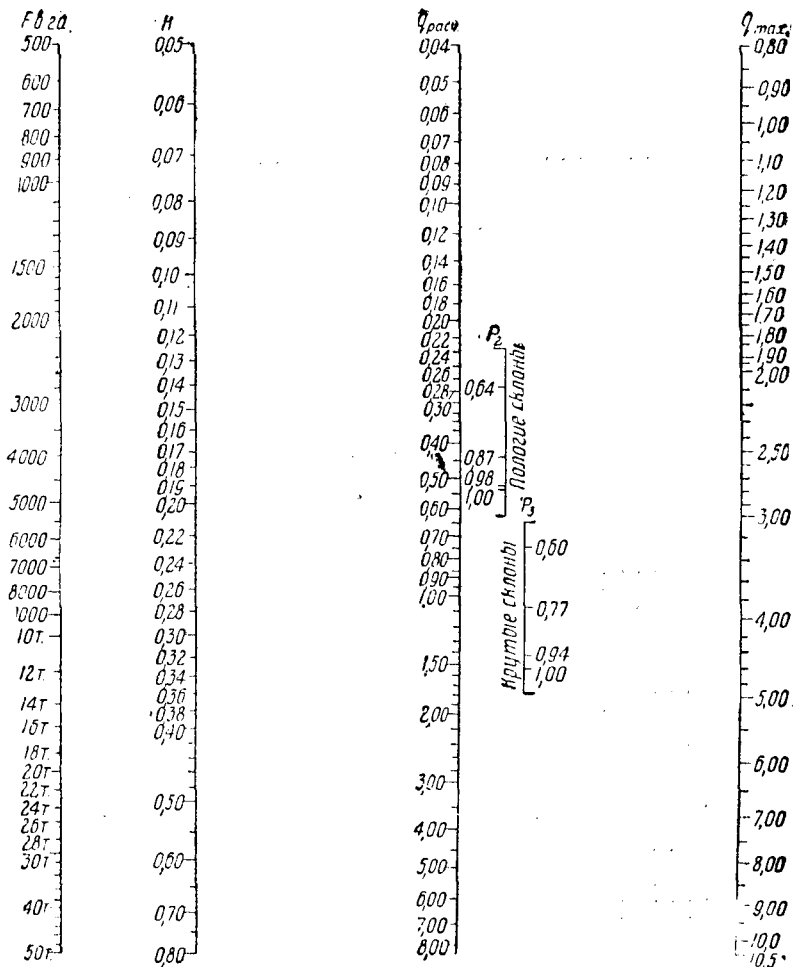


Рис. 196в. Номограмма зависимости модулей расчетного и максимального стока от площади водосбора для условий Кировской и Горьковской областей.

## § 17. Дренажный сток (внутренний)

1) Акад. А. Н. Костяков выражает значение модуля дренажного стока такой формулой:

$$q = \frac{P \eta \alpha}{1,3 \cdot 864} \text{ секундolitров с 1 га,}$$

где  $P$  — осадки в миллиметрах;

Таблица интенсивности осадков (затяжных дождей)

Название области или района	Наибольшая действительная интенсивность осадков (в метрах в час)
Московский . . . . .	0,0010
Волоколамский, Московской области . . . . .	0,0012
Калининская область . . . . .	0,0011
Ленинградская область . . . . .	0,0022
Смоленская область . . . . .	0,0030

Таблица средней суточной интенсивности осадков в миллиметрах (за 15 лет)

Станции	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Мезень . . . . .	2,38	4,65	4,62	4,47	3,28	2,82
Архангельск . . . . .	3,36	4,32	5,56	4,48	3,47	3,25
Каргополь . . . . .	3,82	4,56	4,72	4,48	3,51	2,80
Ленинград . . . . .	2,91	4,87	3,71	4,81	3,49	2,91
Вологда . . . . .	3,76	4,69	4,35	4,10	3,67	2,98
Богословск (средний Урал) . . . . .	3,98	5,13	5,19	6,90	3,41	2,16
Златоуст . . . . .	3,58	5,77	6,27	4,90	4,03	2,49
Молотов . . . . .	3,79	4,93	4,64	4,16	3,40	2,69
Киров . . . . .	3,65	3,03	4,30	4,71	3,61	2,97
Вышний Волочек . . . . .	4,17	5,08	4,90	4,88	3,60	2,63
Москва . . . . .	4,17	4,10	5,38	4,28	3,25	3,70
Василевни (БССР) . . . . .	4,86	5,57	6,52	4,85	4,78	4,05
Кирово (Одесская область) . . . . .	4,52	5,41	5,26	6,41	5,09	4,92
Ворошиловград . . . . .	4,71	4,89	5,62	5,93	4,99	4,43
Ростов-на-Дону . . . . .	5,08	5,22	6,36	5,62	5,21	4,44
Ворошиловск . . . . .	5,05	8,50	6,83	5,24	6,62	4,70
Пенза . . . . .	3,22	4,48	4,37	4,42	3,59	3,41
Астрахань . . . . .	3,67	3,50	2,96	3,70	3,99	2,57
Чкалов . . . . .	3,69	4,59	4,20	3,51	2,97	2,80
Омск . . . . .	2,80	4,10	4,62	3,80	2,53	1,93
Томск . . . . .	2,99	4,29	4,61	4,71	3,12	2,69
Барнаул . . . . .	3,31	4,69	5,26	4,64	3,58	3,81
Иркутск . . . . .	3,34	4,77	5,94	5,34	3,62	1,82
Нерчинский завод . . . . .	4,61	5,08	9,28	8,69	4,90	2,24

$\eta$  — коэффициент поглощения, который равен единице минус коэффициент стока; он изменяется при средних условиях от 0,6 до 0,9; меньшая величина относится к талым весенним и летним ливневым водам;

$t$  — время в сутках;

$\beta$  — коэффициент  $>1$ , который зависит от проницаемости почвы и стенок или интенсивности осушения; чем больше та и другая, тем величина  $\beta$  может быть принята ближе к 1,0;

$\alpha$  — дренажный коэффициент просачивания в процентах; он равен:

$$\alpha = 1 - \frac{10H(\rho - r)}{P \cdot \eta}$$

где  $H$  — глубина дренируемого слоя в метрах;

$\rho$  — потенциальная влагосмкость данной почвы в процентах (приблизительно эта величина равна 0,50—0,65 полной скважности данной почвы);

$r$  — наличная влажность данной почвы в рассматриваемый момент времени в процентах.

Остальные обозначения, как ранее указано.

В нижеследующей таблице приводятся среднемесячные значения дренажного коэффициента просачивания  $\alpha$  для разного времени года и для двух видов почв: а) минеральных и б) торфяных:

Значения дренажного коэффициента просачивания  
(в процентах)

Месяцы	Значения коэффициента $\alpha$ в процентах		Месяцы	Значения коэффициента $\alpha$ в процентах	
	минеральные почвы	торфяные почвы		минеральные почвы	торфяные почвы
Январь . . . . .	57	80	Июль . . . . .	20	12
Февраль . . . . .	66	96	Август . . . . .	8	11
Март . . . . .	97	110	Сентябрь . . . . .	14	19
Апрель . . . . .	43	57	Октябрь . . . . .	27	43
Май . . . . .	30	35	Ноябрь . . . . .	39	37
Июнь . . . . .	22	10	Декабрь . . . . .	47	60

Если принять за величину  $P$  месячное количество осадков в миллиметрах и  $t$  — число дней с осадками в соответствующем месяце, то величина  $\frac{P}{t} = p$  мм даст среднюю суточную интенсивность (см. таблицу на стр. 490).

Для расчета надо взять среднюю наибольшую суточную интенсивность просачивания воды в почву  $p - \sigma$  (где  $\sigma$  коэффициент стока) за критическое время всего с.-х. периода данной площади. Она должна быть выведена из продолжительных, не менее 10 лет, метеорологических наблюдений для данной местности.

Для этого надо прежде всего определить значения: 1) средней наибольшей суточной интенсивности осадков для разных месяцев (сумма месячных осадков, деленная на число дней с осадками в данном месяце) и 2) средней наибольшей суточной интенсивности таяния (сумма зимних осадков в водяном слое, деленная на продолжительность периода таяния в данном году), так как внутренний сток зимних осадков происходит у нас весной после оттаивания почвы.

Расчет на интенсивность ливней не должен делаться, так как ливневые воды: 1) имеют очень малый коэффициент поглощения  $\eta$  и 2) ливни наблюдаются сравнительно редко. Расчет на ливни дал бы совершенно неэкономическое сечение регулирующей сети.

Затем надо установить значения коэффициентов поглощения  $\eta$  и просачивания осадков  $\alpha$  для разных месяцев; эти значения также изменя-

ются во времени по отдельным месяцам. Так как тот месяц, когда значение  $\alpha$  имеет максимум, может не совпадать с тем месяцем, когда интенсивность осадков или таяния  $p$  бывает также максимальной, то за расчетный нужно взять и тот месяц, для которого максимум будет иметь значение произведения  $p, \eta, \alpha$ .

Для многих наших районов наибольшее значение суточной интенсивности осадков приходится на летние месяцы (июль); наибольшее же значение коэффициента просачивания имеет место в весенние месяцы. Поэтому определение внутреннего стока для периода весеннего таяния обязательно, так как оно часто дает наибольшее значение.

2) Инж. Сикорский дает следующие значения модуля дренажного стока в секундолитрах с гектара (см. таблицу).

*Значения модуля дренажного стока, по данным Сикорского*

Годовое количество осадков (в миллиметрах)	Водопроницаемость почвы		
	Малая	Средняя	Большая
500—600	0,31	0,43	0,57
600—700	0,34	0,47	0,62
700—800	0,37	0,51	0,68
800—900	0,40	0,55	0,73

3) Проф. Фридрих дает следующие расчетные значения модуля дренажного стока в секундолитрах с 1 га:

- а) для лугов и ровных мест — 0,65;
- б) для гористых мест — 0,75;
- в) для полей и очень проницаемых почв — 1,00;
- г) для тяжелых глинистых почв значение дренажного модуля понижается до 0,31—0,57.

4) Проф. Шпётле приводит такие значения дренажного модуля в секундолитрах с 1 га:

- а) для тяжелых глинистых почв — 0,35—0,50;
- б) для обычных средних почв — 0,50—0,70;
- в) для легких почв — 0,70—2,10.

5) Рислер и Верн (Франция) дают такие расчетные значения модуля дренажного стока: для полевых угодий — 0,82—1,00 секундолитра с гектара (исходя из условия отвода в течение 14 дней второй половины марта осадков и таяния снега в количестве 100 мм). Для лугов они понижают эти нормы стока до 0,60 секундолитра с гектара.

6) Расчетный сток по данным американской практики (Farm drainage U. S. Department of agriculture farmers bulletin № 1606)

- 1. Обыкновенные суглинистые почвы . . . . . 0,7 л в секунду с 1 га
- 2. Более проницаемые почвы (легкий суглинок) . . . . . 1,1 » » » 1 »
- 3. При выпуске поверхностной воды в дрены . . . . . 2,2—3,0 » » » 1 »

7) Расчетный сток, согласно инструкции НКЗ РСФСР, следующий:

- 1. Очень тяжелые почвы . . . . . 0,3—0,4 в секунду с 1 га
- 2. Средние почвы . . . . . 0,5—0,6 » » » 1 »
- 3. Легкие почвы . . . . . 0,6—0,7 » » » 1 »

При избыточном увлажнении, вызванном грунтовыми водами, сток может быть в 2—3 раза больше указанного в инструкции.

полагаем (проф. Брудастов), что для советских условий наиболее целесообразными для с.-х. дренажа являются данные инструкции НКЗ; для строительного дренажа — американские.

Водосбор для дренажа определяется лишь той площадью, которая находится под непосредственным влиянием данной дрены (или системы) и обслуживается этой дренажной (или системой).

## ГЛАВА IV

### ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ПРИНЦИПЫ ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

#### § 18. Зависимость распределения осушительных систем от местных естественных условий

Каждая осушительная система располагается в зависимости от гидрогеологического строения осушаемой площади, а также от типа водного питания, преобладающего на данной площади.

Основными факторами, влияющими на расположение элементов осушительных систем, являются:

- 1) цели осушения,
- 2) гидрогеологическое строение осушаемой площади;
- 3) рельеф,
- 4) преобладающее водное питание осушаемой территории.

1. Расположение и конструкция осушительных устройств на землях, осушаемых для сельского хозяйства, будут совершенно иные, нежели для коммунального хозяйства или для других отраслей народного хозяйства.

Расположение осушительной сети зависит от требований к водному и водно-воздушному режиму на осушаемой территории, а эти требования различны даже для отдельных с.-х. угодий.

2. Расположение осушительной сети зависит также от гидрологии осушаемой площади. Особое значение имеет распределение проницаемых (например торфа, песчаных пород и пр.) и малопроницаемых (глин, мергелей и пр.) слоев и их взаимное расположение. Это распределение определяет глубину заложения и конструкцию регулирующих элементов осушительной сети.

Как правило, дренажи закладываются только в проницаемые слои. В непроницаемые грунты дренажи закладывать бесполезно.

3. Рельеф дневной поверхности проницаемых грунтов и рельеф кровли ближайшего к поверхности непроницаемого слоя также оказывают влияние на распределение осушительной сети. Обычно регулирующие элементы систем для ускорения поверхностного стока проектируются параллельно горизонталям дневной поверхности. Основные элементы дренажной сети располагаются вдоль тальвегов водоупора или вдоль периферии осушаемой площади по наиболее высоким отметкам водоупора.

4. Преобладающее водное питание осушаемой территории в значительной степени влияет на расположение и конструкцию регулирующих элементов осушительной сети. Подробнее это влияние разбирается в следующем параграфе.

#### § 19. Распределение элементов сети в зависимости от водного питания

Регулирующие элементы осушительных систем и их конструкция в зависимости от гидрогеологического строения и водного питания распределяются следующим образом.

### 1) *Атмосферное питание:*

А. Предварительная осушка болот — открытые каналы, гидрологические собиратели (под острым углом к горизонталям).

Б. Пашни на илистых и других слабо проницаемых грунтах — продольная уклону обработка и закрытые собиратели под острым углом к горизонталям.

### 2) *Грунтовое питание:*

А. Нагорные каналы, перехватывающие поверхностные воды и верховодки, стекающие с водосбора.

Б. Донные каналы вдоль тальвегов подстилающего (верхний фильтрующий слой) грунта.

В. Дренажи систематические, открытые или закрытые, смотря по хозяйственным требованиям.

### 3) *Грунтово-напорное питание:*

А. В б о л о т а х. Ловчие каналы, проходящие вдоль воронок минерального дна болота. В случае глубокого залегания дна этих воронок и значительной напорности допускается устройство самотечных колодез (системы Такке или Реролля) со дна этих воронок в канал.

Б. В г л и н и с т ы х и д р у г и х м и н е р а л ь н ы х г р у н т а х. а) Головные дренажи или ловчие каналы, перехватывающие грунтовой поток, наводняющий осушаемую территорию; они закладываются в зонах наибольших пьезометрических напоров, б) ускорение поверхностного стока на осушаемой территории (см. «Атмосферное питание»).

### 4) *Намывное питание:*

А. О т р а з л и в о в р е к и: а) регулирование русла рек в целях понижения летнего паводкового и бытового горизонтов; б) обвалование и внутренняя тальвеговая сеть с выпуском через валы; в) открытая в основном сеть по тальвегам ибймы; эта сеть должна проходить и через мелкие озера и другие мелководия, не имеющие хозяйственного значения; при переходе каналов через возвышения они обделываются трубами.

Б. О т д е л ь в и а л ь н ы х в о д: а) нагорные каналы, в глинистых местностях эти каналы устраиваются в насыпях с низкой стороны; б) террасирование водосборов и их облесение. в) направление вспашки в основном параллельно горизонталям водосбора.

## § 20. Основные приемы осушения

1) *Магистральное осушение* осуществляется посредством магистральных каналов, проводимых по главным тальвегам осушаемых территорий; никакой другой сети не имеется. Цель такого осушения: выпуск главных масс воды, застаивающихся на площадях. Магистральное осушение применялось главным образом в эпоху работ Западной и Северной экспедиций по осушению болот (до 1890 г). В настоящее время магистральное осушение применяется только как первый этап мелиораций.

2) *Предварительным осушением* называется такое, при котором понижение грунтовых вод в наиболее влажные периоды года происходит лишь частично. Также частично происходит ускорение поверхностного стока.

Следовательно, предварительная система занимает среднее положение между собирательными системами и системами для понижения грунтовых вод. Окончательное понижение уровня грунтовых вод при предварительных системах проводится за счет испарения. Предварительная система почти аналогична системе собирательной (см. ниже). Разница между этими системами заключается лишь в том, что боковые каналы II порядка, назначенные вместо собирателей, не отличаясь от последних своими размерами, приобретают больший уклон. Вследствие этого боко-

рые каналы пересекают горизонталы под большим углом, нежели собира-  
тели.

3) Система для ускорения поверхностного стока (собираательные системы) применяется при отсутствии грунтовых вод и при непроницаемых почвах.

Скорость стекания воды по площадке с коэффициентом шероховатости  $n$  и уклоном  $J$  при установившемся слое воды мощностью  $h$  приближенно определяется законом Шези (см. раздел V — «Равномерное движение жидкости в открытых руслах», том. I, стр. 32 и др.).

Коэффициент шероховатости в таких случаях изменяется в пределах от 0,03 для гладких земляных поверхностей, заросших мхом, при малом слое воды, до 2,3 для заросших поверхностей.

Значения коэффициента шероховатости ( $n$ ) для поверхностного стока для каналов (ВНИИГиМ)

Состояние поверхности	Глубина за- полнения ка- нала (в мет- рах)	Шероховатость	
		по Гангиле и Куттеру	По Базену
1. Хорошо обработанная поверхность пашни с бороздами . . . . .	0,012	0,006—0,05	0,899
2. Ровная укатанная поверхность со снятым дерном . . . . .	0,012	0,08	1,44
3. Вспаханная поверхность с хорошей последующей разделкой . . . . .	0,16	0,12	2,70—3,12
4. Луг свежескошенный . . . . .	0,032	0,8	22,70
5. Сеяная трава или невысокого роста культуры . . . . .	0,037	0,3	26,75
6. Естественный травостой . . . . .	0,035	2,3	65,82

Поверхностный сток ускоряется следующим образом: по траектории движения медленно стекающего поверхностного потока большой ширины и с небольшим заполнением устанавливается ряд перехватывающих сток открытых или закрытых собирателей поперек ската.

Ускорение поверхностного стока вполне целесообразно и применимо во всех случаях, когда постоянных грунтовых или почвенных вод не имеется, или же для случаев, когда не требуется немедленное после таяния снега понижение уровня грунтовых вод в болоте (например, на многолетних луговых площадях).

4) Систематический дренаж устраивается для понижения уровня грунтовых вод в наиболее влажные периоды года, что обыкновенно бывает весной. Он осуществляется путем устройства открытых канав-траншей или закрытых дрен на небольшом взаимном расстоянии (порядка 10—40 м). Закрытые дрены создают большие удобства для передвижения или обработки площадей по сравнению с открытыми каналами.

Дренаж применим главным образом для проницаемых пачво-грунтов с высоким уровнем грунтовых вод.

Наиболее важными расчетными элементами при понижении уровня грунтовых вод дренажом являются:

- 1) глубина заделки дрен,
- 2) заданное время для понижения уровня грунтовых вод,
- 3) расстояние между дренами,
- 4) уклон или скорость в них.

- 5) предельная их длина,
- 6) конструкция;
- 7) размер дрен в свету:

Размещение дренажа по отношению к рельефу на всех избыточно увлажненных или болотных массивах более независимо, нежели размещение открытых собирательных каналов для ускорения поверхностного стока. Исключение представляет случай осушения при грунтово-напорном питании.

Закрытый дренаж обыкновенно является дополнением открытой сети там, где требуется более глубокое во всякое время года понижение уровня грунтовых вод.

Сопряжение дренажа с открытой сетью показано на рис. 197. Здесь *NW* — магистральный канал; *aa*, *вв* — транспортирующие собиратели (обычно для дренажа более глубокие); *QR*, *mP* — коллекторы (для транспортирования поступающей в них из дрен воды); *xy*, *zu*, *mn*, *rs* — сосуны-дрены. Последние, как это явствует из левой части рис. 197, при небольших (допускаемых в некоторых случаях производства) расстояниях между собирателями, направляются непосредственно в транспортирующие собиратели *вв*. При больших расстояниях между собирателями (до 1 км) дрены *mn*, *pz*, *rs* сбрасывают воду в транспортирующие собиратели уже посредством коллекторов.

5) *Урегулирование рек-водоприемников* имеет своей целью понижение рабочего горизонта воды в реке для возможности приема вод в эту реку с прорытых в нее магистральных каналов. Понижение это находится в полной зависимости от глубины магистральных каналов и уровня меженных (бытовых) вод в данном водоприемнике. Обычно при ионизации естественного бытового уровня воды водоприемника на 0,5 м (для с.-х. целей) стремятся понизить этот уровень ниже бровки реки на 1,5—2,5 м; при этом выправленное урегулированием русло должно вмещать в себя весь расход от предпосевных вод или летних паводков с некоторым запасом; высота горизонтов этих паводков должна быть не ближе 0,5 м от бровки русла реки.

Помимо своей основной цели — понижения горизонтов воды, регулирование рек-водоприемников оказывает значительное влияние на осушение пойм, среди которых располагаются реки.

Приемы урегулирования рек-водоприемников находятся в зависимости от следующих причин, вызывающих повышение уровня в реке:

- 1) искусственные (плотины, заколы и пр.) или естественные (перекаты, заросли оползни и пр.) препятствия, создающие подпор воды;
- 2) уменьшение, по некоторым наиболее размываемым участкам русла реки, уклона вследствие образования серпантин;
- 3) увеличение шероховатости русла вследствие его зарастания (увеличение шероховатости приводит к уменьшению скорости течения воды);
- 4) частое изменение уклонов и живых сечений русла, которое вызывает неравномерность движения и приводит также к уменьшению скорости.

При урегулировании рек-водоприемников стремятся парализовать влияние тех или других указанных факторов с целью увеличения скорости. Последнее влечет за собой уменьшение площади живого сечения, а стало быть и понижение горизонта.

## § 21. Элементы осушительной сети

Всякая осушительная сеть состоит из искусственных водотоков: а) регулирующих сток с поверхности почвы или глубину поверхности грунтовой воды и б) отводящих воду.

Каналы, собирающие в себя воду из других каналов и отводящие ее в соответствующие водоприемники, носят название *магистральных*.

Открытые или закрытые водотоки, равномерно распределенные по осушаемой поверхности для понижения уровня грунтовых вод, называются *систематическими дренажами*. *Выборочные дренажи* — отдельные водотоки, назначаемые в зависимости от местных условий (например тальвегов).

Каналы, принимающие в себя воду, стекающую по осушаемой поверхности, и отводящие ее в магистральные, называются *собирательными каналами*, или *гидрологическими собирателями*.

Каналы, предупреждающие проникновение в болото посторонних ему поверхностных вод, носят название *нагорных*. В отличие от последних *ловчие каналы* предназначаются для перехватывания грунтовых вод. Каналы, отводящие воды, поступающие в них из небольшой группы гидрологических собирателей или дрен, называются *коллекторами*, или *транспортирующими собирателями*. Различие коллекторов от транспортирующих собирателей заключается в том, что коллекторы трассируются перпендикулярно к горизонталям, а транспортирующие собиратели — под острым углом к горизонталям.

*Тальвеговые каналы* располагаются по сравнительно узким, вытянутым заболоченным полосам.

*Борозды* — небольшие канавки, сечением  $0,2 \times 0,4$  м, с отсыпкой вынудой земли на низовую сторону, располагаемые по отдельным небольшим понижениям преимущественно на пашнях.

Во всех перечисленных случаях осушительную систему, регулирующую поверхностный сток и перехватывающую грунтовые воды, можно представить схемой, указанной на рис. 197.

Комбинация магистрали, собирателей, в нее впадающих, и осушителей называется *осушительной системой*.

Всякая осушительная система должны быть проста, т. е. состоять из одной магистрали, некоторого числа собирателей, в нее впадающих, и осушителей, впадающих в собиратели (рис. 197).

Собиратели бывают *транспортирующие* и *гидрологические*. Транспортирующие собиратели, или коллекторы, служат для приема и отвода воды, поступающей из дрен (левая часть, рис. 197). Гидрологические собиратели *ef, cd, ab* служат для непосредственного приема в себя поверхностной воды и отвода ее в магистраль (правая верхняя часть, рис. 197). Они разделяются на *открытые* и *закрытые*.

Осушители или дренажи бывают в виде закрытых дрен или дренажных открытых узких траншей. При этом осушители могут непосредственно входить в собиратель (левая часть, рис. 197) или объединяться посредством коллектора (нижняя часть правой половины, рис. 197).

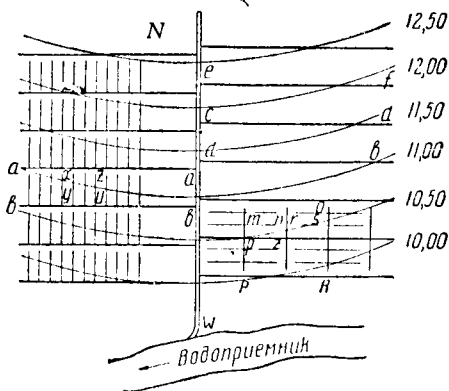


Рис. 197. Схема сопряжения дренажа с открытой сетью.

## § 22. Правила трассировки магистральных каналов на болотах и временно увлажненных почво-грунтах

Магистральный канал, являющийся основным элементом открытой осушительной системы, должен удовлетворять следующим предъявляемым к нему требованиям.

1. Канал должен обеспечить прием и отвод всех вод, поступающих в него из каналов высшего порядка.

2. При требуемой пропускной способности канал должен иметь наименьшее сечение — условие, определяющее минимальную стоимость сооружения.

3. Для достижения минимальной стоимости канал должен иметь возможно малое протяжение.

4. Продольный профиль канала должен предупреждать развитие процессов эрозии и аккумуляции, т. е. размыва и отложения наносов.

5. Канал должен проходить по наиболее низким местам — тальвегам осушаемой площади, как дневной поверхности при осушении минеральных почв, так и минеральной, подстилающей торфяную залежь.

6. Расположение проводящих каналов необходимо сообразовать с условием рельефа осушаемой площади, системой расположения регулирующей сети, если таковая имеется, и с условием питания площади избыточными водами, подлежащими удалению.

На болотах магистральный канал следует проводить по возможности в направлении, перпендикулярном к горизонталям дневной поверхности и при том по самым глубоким местам залегающих торфа, т. е. другими словами, по самым низким местам подпочвы.

При осушении заболоченных пойм, затопляемых полыми водами, магистральный канал надлежит вести по самому низкому месту долины с выводом в реку или через одно из старых русел, или через прорезь в прирусловом вале. Число магистральных каналов и расстояния между ними предопределяются расположением и длиной собирательной сети. При двухстороннем командовании наибольшее расстояние между магистральными каналами не должно превышать двойной длины впадающих в него собирателей.

При наличии озер на пути магистрального канала более рационально их обогнуть.

Угол впадения магистрального канала в водоприемник должен быть равен 40—60°. Углы, близкие к 90°, приводят к более интенсивному отложению наносов в устье канала; при более острых углах устья неустойчивы.

Число устьев магистральных каналов должно сводиться к минимуму. При проведении канала в пойме реки, затопляемой полыми водами, магистраль, имеющая направление параллельное направлению течения полых вод, будет менее всего подвержена опасности заиления. Поэтому при выборе того или иного варианта расположения канала надлежит изучить направление потока весенних вод по пойме.

## § 23. Нагорные каналы

При грунтовом питании избыток влаги получается, с одной стороны, вследствие подъема (по капиллярам) воды, скопившейся на малопроницаемом минеральном дне болота, и с другой — за счет смешивания застаивающихся на поверхности болота атмосферных вод с капиллярной водой.

Задачами осушительной сети в этом случае являются: а) ускорение стока поверхностной воды и б) предупреждение проникновения ее в бо-

болото. Первая задача решается таким же способом, как и для атмосферного питания; предупреждение же проникновения воды в болото достигается путем ограждения его *нагорными каналами*. Нагорные каналы предназначаются для предупреждения проникновения в болото воды, скатывающейся во время таяния снега и выпадения дождей с окружающего водосбора или стекающей с неосушенной части болота в осушенную. Они устраиваются только в тех случаях; когда ширина полосы водосборной площади, прилегающей к периметру осушаемого участка, больше расчетного расстояния между каналами. Нагорные каналы, задачей которых является предупреждение поступления посторонних вод в осушаемую площадь, должны идти по границам последней. Дно нагорных каналов должно несколько врезаться в кровлю ближайшего непроницаемого слоя.

Правило проведения каналов по границам участка соблюдается лишь в том случае, когда воды, поступающие в болото, небогаты зольными элементами. В целях использования зольных элементов нагорный канал отодвигается от периферии болота на величину, равную предельной длине дренажного коллектора. Образовавшаяся таким образом площадь между периферией болота и нагорным каналом осушается при помощи дренажной сети.

При намывном питании, если имеет место сток со склонов, метод осушки заключается в устройстве нагорных каналов. В случае же застоя воды в котловинах, каналы проводятся для спуска ее из этих понижений. Если эти понижения имеют в плане удлиненную форму, сбросные каналы должны быть направлены вдоль их тальвегов.

## § 24. Ловчие каналы

Ловчие каналы должны перехватить грунтовые воды, поступающие на осушаемую площадь.

При грунтово-напорном питании избыточное увлажнение получается главным образом от напора грунтовой воды, выклинивающейся или сплошным слоем или в виде отдельных жил. Задачей осушительной сети при данном положении является перехватывание потока. Способы перехватывания предопределяются характером поступления грунтовых вод. При входе грунтовых вод в болото широким слоем в виде «потины» ловчие каналы трассируются вдоль линии сечения дневной поверхности с поверхностью грунтового потока. В случае же поступления грунтовых вод в виде отдельных жил необходимо прежде всего убедиться в существовании напорности этих жильных потоков. В торфах это делается посредством пезометра системы Врудастова (см. об этом раздел «Изыскания для осушения площадей», § 114, «Изыскания на болотах грунтово-напорного питания») \*, а в минеральных грунтах — бурением. Убедившись в существовании напорности, необходимо подробно выяснить рельеф минерального дна болота по всей притеррасной полосе болота (примерно в 300 м шириной).

Ловчий канал для напорных потоков должен проходить вдоль всех наиболее глубоких котловин минерального дна болота. Глубина канала определяется тем условием, чтобы дно канала находилось по возможности ближе к котловинам минерального дна болота.

Если глубина осушаемой воронки (минерального дна) (рис. 191 на стр. 471) значительно глубже обычной глубины (3 м) ловчего канала, то на дно воронки со дна канала устанавливается труба из дерева или железа (перфорированная).

\* Врудастов. Осушение, Сельхозгиз, 1934 г.

## ГЛАВА V СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ДРЕНАЖ

### § 25. Задачи дренажа

Дренаж имеет целью понизить уровень грунтовых вод или верховодок в наиболее богатые влагой периоды года на норму, требуемую разными культурами или условиями обработки.

Дренаж применяется преимущественно для осушения площадей под овощные и технические культуры.

#### Схемы расположения систематической дренажной сети в плане

Дренаж применяется для почво-грунтов с достаточной фильтрацией. Дренажная система состоит из следующих составных частей (рис. 197):

1) всасывающих дрен или, собственно, осушителей  $xu$ ,  $zu$ ,  $mn$ ,  $pz$  и т. д.;

2) коллектора, открытого или закрытого ( $QR$ , и  $NP$ ) и транспортирующих собирателей — ( $PR$ ,  $aa$ ,  $bb$ );

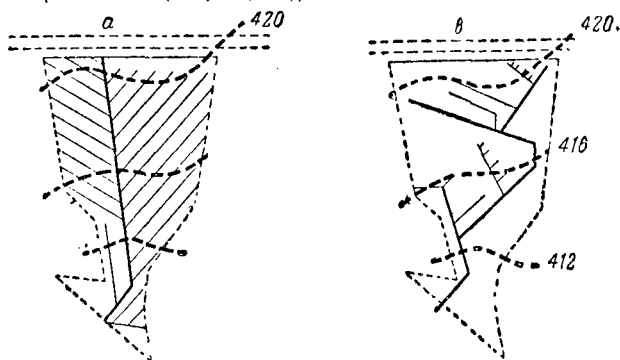


Рис. 198. Расположение дренажа:  $a$  — обычный метод,  $b$  — короткий дренаж.

3) открытого магистрального канала для отвода дренажных вод NW.

Устройство закрытой дренажной сети не исключает необходимости проведения открытых каналов пограничных и др., служащих для отвода дренажных и поверхностных вод как снеговых, так и дождевых, поступающих извне.

Иногда каналы 2-го порядка (см. рис. 197- $aa$ ,  $bb$ ) могут быть использованы как открытые каналы — коллекторы. В этом случае увеличивается число устьев дрен, но зато сильно упрощается система подземных линий. Такая система называется комбинированной системой дренажа.

Расположение дрен в плане может быть тройкое:

1) **продольное** — когда всасывающие дрены располагаются по наибольшему уклону местности, а коллекторы — по направлению горизонталей (см. левую часть, рис. 197);

2) **поперечное** — когда коллектор располагается по наибольшему уклону местности, а всасывающие дрены — по направлению гори-

зонталей (см. правую сторону, рис. 197); поперечное, т. е. вдоль горизонталей, расположение дрен становится более выгодным по сравнению с продольным, если осушаемая площадь имеет значительные уклоны (порядка нескольких тысячных);

3) «к о р о т к о е» (по методу Клауса), когда дрены расположены подобно положению «водяных жил» на дренируемом участке — так, чтобы дрены и коллекторы наиболее полно перехватывали все жильные потоки грунтовых вод; эта система (рис. 198) сокращает длину дрен примерно на 40—60% по сравнению с предыдущими системами расположения дрен.

Однако техника отыскания жильных потоков в минеральных грунтах еще не вполне разработана, почему «короткий дренаж» не может еще иметь широкого распространения в производстве.

Водоприемниками при дренаже могут быть как естественные водотоки (реки, ручьи, овраги и др.), так и искусственные открытые осушительные каналы, служащие для отвода поверхностных вод. Но в том и другом случае необходимо, чтобы устье дренажного коллектора не подтоплялось высокими водами — предпосевными или летними паводками.

Если водоприемником дренажной сети служит открытый канал, то необходимо, чтобы дно канала было ниже выхода трубы коллектора, минимум на 0,2 м.

## § 26. Определение расстояний между дренами

В настоящее время имеется много разнообразных способов определения расстояний между дренами.

Правильное определение расстояний между дренами является одним из самых существенных моментов для устройства хорошо работающей дренажной системы.

При определении расстояний между дренами для с.-х. целей следует исходить, в первую очередь, из потребностей произрастаемых культур во влаге в разные фазы развития растений в течение вегетационного периода. Поэтому устройством дренажа важно обеспечить требуемое понижение грунтовых вод в наиболее богатый влагой период времени.

• Наиболее распространенными методами определения расстояний между осушителями являются:

1) теоретические методы для установившегося и не установившегося движения грунтовых вод;

2) эмпирические методы, основанные на разных свойствах почвогрунтов и отношении их к воде.

## § 27. Теоретические методы определения расстояния между дренами

### 1. Формулы для установившегося движения

1. Питание заболоченной территории грунтовое и атмосферное. Дрены расположены на водоупоре (если канал — то он прорезает фильтрующий слой до водоупора).

Формула Люгера:

$$h^2 - h_0^2 = \frac{E}{k} \left( Q + \frac{qE}{4} \right), \quad (1)$$

где  $h$  (в метрах) — высота горизонта грунтовых вод от водоупора по середине между дренами при  $L = \frac{E}{2} m$ ;

- $h_0$  — глубина воды в канале или дрене в метрах (над водоупором);  
 $E$  — расстояние между дренами в метрах;  
 $Q$  — расход грунтового потока в кубометрах в секунду, приходящийся на 1 пог. м дрены;  
 $q$  — инфильтрация атмосферных осадков в кубометрах в секунду на 1 м<sup>2</sup> площади;  
 $k$  — коэффициент фильтрации в метрах в секунду (определение его — см. том I «Справочника гидротехники и мелиорации»).

2. *Питание грунтовое.* Дрены на водоупоре (рис. 199). Формула Дюшон:

$$L = k \frac{h^2 - h_0^2}{2Q} \text{ м.} \quad (2)$$

Обозначения те же.

3. *Питание атмосферное.* Грунтовый поток отсутствует, основная причина заболачивания — атмосферные осадки. Дрены заложены на водоупоре; если канал — то дно его совпадает с дном водоупора.

Формула Кенз — Брудас-това:

Расстояние между дренами

$$E = 2 \sqrt{\frac{k}{q} (h^2 - h_0^2)} \text{ м,} \quad (3)$$

где  $q$  — интенсивность инфильтрации в кубометрах в секунду на 1 м дрены;

$$q = \frac{p}{86 \cdot 400};$$

где  $p$  — средняя суточная интенсивность осадков, определяемая таблицей (стр. 490); остальные — обозначения прежние.

При  $h_0 = 0$  из формулы (3) получается формула Роте, являющаяся, следовательно, частным случаем формулы (3).

$$E = 2h \sqrt{\frac{k}{q}} \text{ м.} \quad (4)$$

Основные недостатки всех этих формул таковы:

- а) формулы предусматривают только установившееся движение;
- б) предполагают расположение дрен только на водоупоре;
- в) не учитывают высоты выклинивания (остаточного напора над дренами или каналом).

## 2. Формулы для неустановившегося движения

1. *При заложении дрен на водоупоре.* Формула проф. Буссинеско:

$$E = \sqrt{4,46 \frac{kTHH_1}{\delta(H-H_1)}} \text{ м.}$$

Обозначения см. в следующей формуле.

Формула выведена из частного решения дифференциальных уравнений неустановившегося движения грунтовых вод; это решение получено Буссинеско еще в 1904 г., но до сих пор оставалось неизвестным в мелиоративной литературе.

\* Формула (3) верна и для подвешенных дрен, если  $h$  и  $h_0$  отсчитывать от водоупора.

Формула акад. А. Н. Костякова для дрены близ водоупора (рис. 200):

$$E = \sqrt{\frac{kTHH_1}{2\mu\delta(H-H_1)}} \text{ м,}$$

где  $E$  — расстояние между дренами в метрах;

$H$  — высота уровня грунтовых вод на водоразделе (посредине между дренами) при первоначальном положении кривой депрессии; отсчитывается от водоупора;

$H_1$  — то же, но при новом положении кривой депрессии;

$T$  — время (в секундах), за которое кривая депрессии переместилась из положения  $H$  в положение  $H_1$ ;

$\delta$  — водоотдача;

$$\delta = \frac{A-C}{100};$$

где  $A$  — полная влагоемкость в процентах;

$C$  — потенциальная влагоемкость (капиллярная скважность);

$\mu$  — коэффициент = 1,5 — 3,0.

Формула проф. Дизеренса:

$$E = \sqrt{\frac{8}{\pi} \cdot \frac{kTHH_1}{\delta(H-H_1)}} \text{ м,}$$

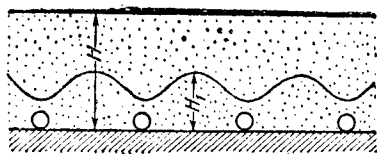


Рис. 200.

где  $\pi = 3,14$ ; остальные обозначения — те же.

Для определения расхода Дизеренс дает формулу:

$$q_1 = \frac{1}{\left( \frac{T}{\frac{\pi}{8} E \delta \sqrt{\frac{E}{k}}} + \frac{1}{\sqrt{q_0}} \right)^2},$$

где  $q_0$  — начальный расход в кубометрах в секунду;

$q_1$  — конечный расход в кубометрах в секунду.

Остальные обозначения — те же.

Формула инж. Аверьянова:

$$E = 2 \sqrt{\frac{2kTH_1(H^2 - h^2)}{\delta(H^2 - H_1^2)}};$$

где  $H$  — начальная глубина грунтового потока (в метрах над водоупором) на водоразделе при  $\frac{E}{2}$ ;

$h$  — остаточный напор над дренаем или каналом в метрах;

$H_1$  — конечная глубина грунтового потока (в метрах) на водоразделе через промежуток времени  $T$  (в секундах).

Остальные обозначения — те же, что и в предыдущих формулах.

По сравнению с предыдущими эта формула учитывает остаточный напор.

2. При заложении дрен выше водоупора. Формула акад. А. И. Косырякова (при глубоком залегании водоупора):

$$E = \frac{\pi k T \left(1 + \frac{\beta}{90}\right)}{\delta \left(\lg n \frac{E}{d} - 1\right) \lg n \frac{H}{H_1}} \text{ м,}$$

$d$  — диаметр дрен в метрах;

$\beta$  — средний угол депрессионной кривой, определяемый из условия:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{y}{x}.$$

Если водоупор залегает неглубоко ( $a < 2$  м), то:

$$E = \sqrt{\frac{2\mu k T (H + 2a) H_1}{\delta (H - H_1)}},$$

где  $a$  — расстояние от дрены до водонепроницаемого слоя в метрах,  $\mu = 1,5-3,0$ .

Остальные обозначения — прежние.

Инж. Аверьянов рекомендует, при заложении дрен выше водоупора, все размеры ( $H$ ,  $h$ ,  $H_1$ ) брать не над дреной, а над поверхностью водоупора.

Для приведенных формул можно дать следующие величины коэффициента фильтрации ( $k$ ):

Название почво-грунтов	Средний диаметр зерна (в миллиметрах)	Степень разложения	Коэффициент $k$ (в метрах в секунду)
Торф сфагновый . . . . .	—	Средняя	0,0000 $n$
Торф сфагновый . . . . .	—	Малая	0,000 $n$
Торф гипно-осоковый . . . . .	—	Средняя	0,0000 $n$
Торф гипно-осоковый . . . . .	—	Малая	0,000 $n$
Глина . . . . .	0,01	—	0,0000000 $n$
Суглинок . . . . .	0,03	—	0,00000 $n$

Здесь  $n$  — от 1 до 9.

## § 28. Методы эмпирические

Для определения расстояний между дренами, в зависимости от принятого метода, производится лабораторное определение механического состава дренируемой почвы или ее коэффициента фильтрации, на основании которых и производятся вычисления по нижеприведенным способам.

1. *Способ Цункера* определяет расстояние между дренами в зависимости от величины суммарной поверхности частиц в почве:

$$E = a - b\sqrt[3]{u},$$

где  $a$  — коэффициент, величина которого меняется от 24 до 30, в зависимости от обработки почвы;

$b$  — коэффициент, равный 1,5—2,0;

$u$  — величина удельной поверхности, характеризующая почвопо-

роду в физическом отношении и определяемая опытным путем в лаборатории.

Ниже в качестве примера указываются величины удельной поверхности различных почво-грунтов.

*Величина удельной поверхности разных почво-грунтов*

Вид почвы	Удельная поверхность
Глина тяжелая . . . . .	1 000
» обыкновенная . . . . .	1 000—730
Суглинок тяжелый . . . . .	730—510
» обыкновенный . . . . .	510—340
» песчаный . . . . .	340—130
Суглинистый песок . . . . .	130—30
Пески . . . . .	30

Недостатки формулы Цункера следующие: а) в этой формуле расстояние не зависит от величины осадков, с которыми в первую очередь должен считаться дренаж; б) мешкотность метода: необходима надлежащая лабораторная установка, в которой была бы обеспечена постоянная температура ( $t = \text{const}$ ).

2. *Расстояние между дренами по Копецкому* определяются по количеству содержащихся илстых фракций (меньших 0,01 мм).

В нижеприведенной таблице даются расстояния между дренами в зависимости от илстых частиц.

*Расстояния (в метрах) между дренами в зависимости от содержания илстых частиц*

Свойство подпочвы (глубина дренажа — 1,3 м)	Содержание (в процентах)		Расстояние между дренами при глубине заделки 1,3 м	Во сколько раз расстояние между дренами больше глубины
	илстых частиц	глинистых частиц		
Тяжелая глина . . . . .	около 70	55	8—9	7
Тонкопесчаная глина (тощая) . . . . .	70—55	55—40	9—10	7,5
Песчаные или супесчаные глины . . . . .	55—40	40—25	10—12	7,5—9
Плотно сложившийся суглинок . . . . .	40—30	25—15	12—14	9—10,5
Заметно песчаный суглинок . . . . .	30—20	15—7	14—16	10,5—12
Сильно песчаный супесок или илстый песок . . . . .	20—10	7—2	16—18	12—14
Слабо глинистые или слабо илстые пески . . . . .	10	2	18—20	14—15,5
Песок . . . . .	—	—	20—24	15—19

Приводимый на рис. 201 график дает возможность найти расстояние между дренами по количеству илстых частиц, определенных при помощи механического анализа почв.

На горизонтальной оси графика нанесены расстояния между дренами, а на вертикальной — процент илстых частиц ( $d$  — менее 0,01 мм) в осушаемом грунте (рис. 201).

Вышеприведенные способы определения расстояний между дренами — эмпирические; они не считаются с положением дрены относительно водоупора, фильтрацией почво-грунтов, осадками и другими условиями.

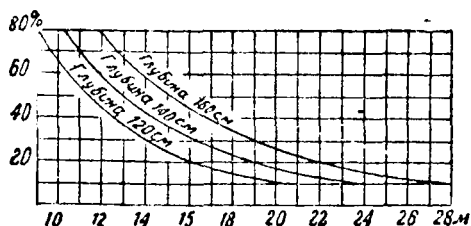


Рис. 201.

Обычное расстояние между дренами для средних условий изменяется от 30 до 60 м. В случае подстилающего крупного песка и доведения до него дренами расстояние между дренами увеличивается, примерно, в 2—3 раза.

## § 29. Глубина заделки дрены

Обычно для проницаемого грунта большой мощности глубина заделки дрены равна от 0,8 до 1,3 м (для лугов на торфах — меньше, на минеральных грунтах, для пашен и огородов — больше).

Всего лучше дренаи заделывать в наиболее фильтрующий слой, недалеко от поверхности ближайшего непроницаемого слоя грунта, если таковая находится близко к вышеуказанным нормам глубины.

Во всяком случае, заделывать дренаи в непроницаемые слои не следует, так как тогда вода будет поступать в дренаи очень слабо.

## § 30. Длина коллекторов и дрены

Зависимость между отдельными элементами, влияющими на длину дрены,  $L$  выражается формулой:

$$L = \frac{1000\omega v}{sq} \text{ м,}$$

где:  $\omega$  — площадь сечения дрены в квадратных метрах;

$v$  — скорость в дрене в метрах в секунду;

$s$  — расстояние между дренами в метрах;

$q$  — сток в литрах в секунду с 1 га поверхности.

Вообще же длина дрены определяется рельефом местности, диаметром дрены и системой дренажа (чем выше местность и чем меньше диаметр, тем короче дренаи).

## § 31. Конструкции дрены

Все имеющиеся в настоящее время конструкции дрены можно разделить на две группы: по роду материала, из которого они сделаны, и по конструкции отверстий дрены.

По роду материалов мы имеем следующие дренаи:

1) различные виды трубчатого дренажа, наиболее прочного и фундаментального: гончарный, керамический, бетонный, деревянный, и 2) более дешевый, хуже работающий и недолговечный нетрубчатый дренаж, к которому можно отнести дренаж фашинный, жердяной и т. д.

1. Гончарный дренаж имеет преимущества, по сравнению с другими видами, в отношении прочности и незасорения, а потому и является

более распространенным. Нормальный срок его службы — 30—40 лет, а иногда и больше. Трубы имеют круглое поперечное сечение с внутренним диаметром от 5 до 25 см.

Причиной неудовлетворительной работы гончарного дренажа является не порча самих труб, а их заиливание.

Применение труб с диаметром меньше 10 см не рекомендуется по тем же причинам.

В американской осушительной практике из-за опасности заиливания применяются гончарные трубы с диаметром 10 см и более. Размеры дренажных труб в Америке следующие: 10,2, 12,7, 15,2, 20,3, 25,4, 30,5, 38,1, 45,7, 53,3, 61,0 см и затем диаметры увеличиваются через каждые 7,6 см до 152,4 см.

Длины труб даются в зависимости от диаметра и определяются, по американским данным, следующими соотношениями:

Диаметр дрен (в сантиметрах) . . .	20,3	45,7	30,5	61,0	> 61,0
Длина дрен (в сантиметрах) . . . .	30,5	61,0	61,0	76,2	92,0

Проф. Цункер дает следующую градацию диаметров дренажных труб: 5, 6,5, 8, 10, 13, 16, 20, 21, 25 см.

Требования, которые нужно предъявлять при приемке гончарных дренажных труб, таковы:

1) внутренняя поверхность трубы должна быть гладкой (не шероховатой), а самые трубы должны быть прямыми, круглыми и обрезанными перпендикулярно к их оси;

2) на изломе гончарной трубы не должно быть включений извести, пустот или гнезд; труба в изломе должна иметь однородное строение;

3) при изломе должен быть виден хороший обжиг, который можно узнать по высокому звуку. Кроме того, хорошо обожженные трубы после суточного пребывания в воде не должны увеличиваться в весе свыше 15% по объему.

Гончарные дренажи укладываются впритык одна к другой с зазором в 1—2 мм; через зазоры поступает в дренаж отводимая вода.

#### Размеры и вес гончарных дренажных труб

Внутренний диаметр труб (в сантиметрах) . . . . .	4	5	6,5	8,7	10	13	16	18	21
Толщина стенок (в миллиметрах) . . . . .	12	13	15	16	18	21	24	26	29
Вес 1 000 штук (в тоннах) . . . . .	0,95	1,25	1,75	2,35	3,20	4,80	7,00	8,50	12,00

При прокладке гончарных дрен в торфе под них подкладываются стеллажи из дерева.

2. *Цементные дренажи* формируются из смеси портландского цемента и песка в пропорции 1:3 до 1:5.

Укладка цементных дрен производится так же, как и гончарных. На торфяных почвах этот вид дрен до сих пор не дал хороших результатов по целому ряду причин, в основном сводящихся к тому, что химические процессы, происходящие в болотных почвах, вызывают разрушение цемента.

Вообще при применении бетонных труб следует обращать внимание на агрессивность вод.

3. Деревянные трубы имеются нескольких систем.

а) Деревянные трубы системы Бутца (досчатые) наиболее употребительны в торфях (рис. 202).

Эти дрены состоят из четырехгранных труб, сколоченных из теса и скрепленных провололочными гвоздями.

Досчатые трубы сколачиваются из тесин шириною от 15 до 21 см. Конструкция трубы показана на рис. 202. Верхняя часть трубы между

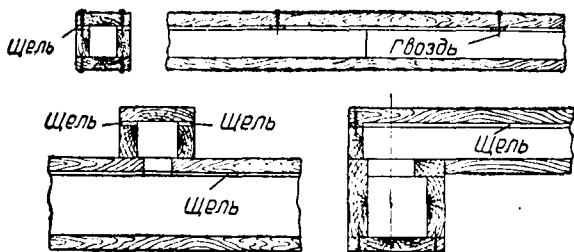


Рис. 202.

стенками и крышкой (верхней гранью) имеет продольную щель шириною в 2—4 мм, осуществляемую путем постановки под гвозди прокладок из фанеры. Сборка труб производится на берме траншеи таким образом, чтобы стыки тесин каждой стенки не приходились в одном сечении трубы, а в разных, отстоящих не менее 1 м один от другого; получается целая труба во всю дрену.

Для минеральных грунтов сшивку теса желательно производить оцинкованными гвоздями через 0,5 м по кромке.

Внутренняя поверхность трубы должна быть выстрогана для понижения шероховатости.

Стыки тесин одной грани жолоба не должны совпадать со стыками другой грани, а должны идти вперевязку. Вода в дрену поступает только через продольные щели между досками.

б) Целесообразен дренаж системы Рогнера с муфтами из обожженной глины. Дренаж Рогнера (рис. 203) применяется в тех же случаях, что и дренаж Бутца. Устройство дренажа понятно из рис. 203. В гончарных муфтах имеются пазы,

в которые и заправляются продольные доски при укладке.

в) Дренаж из пластин или накатин (системы Брудастова) (см. рисунок 204). Труба собирается из пластин или накатника посредством шпонок, которыми соединяется

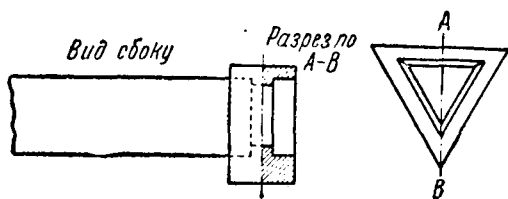


Рис. 203.

каждая пара пластин или накатин (в шт). Труба собирается из таких щитов при помощи тех же шпонок. Трубы могут быть сделаны из произвольного числа пластин или накатин, смотря по отверстию трубы в свету. Стыки отдельных рядов пластин или накатин распределяются по отношению стыков смежных рядов — вперевязку, чтобы образовать одну целую

трубу неопределенной длины. Шпонки расставляются равномерно по поверхности трубы — по винтовой линии. Достоинства труб: 1) они хорошо сопротивляются деформациям грунта от осадки, 2) не требуют гвоздей и других железных соединений, 3) допускают применение местного материала (накатин, жердей).

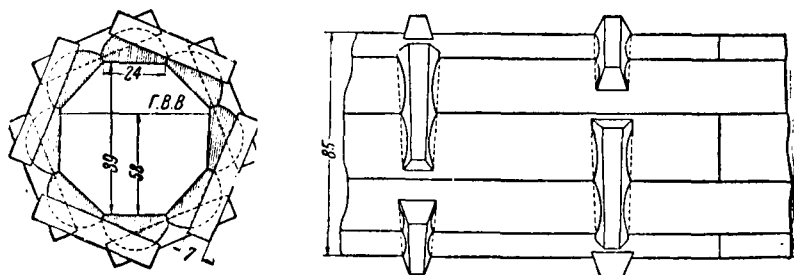


Рис. 204.

4. **Дренаж цементно-бетонный.** «Трубы (половины труб) формируются на специальных прессах, подобных тем, которые применяются при изготовлении других цементно-бетонных изделий. Каждая «труба» составляется из двух половинок. Последние три конструкции пока не имеют стандартных форм и размеров.

### § 32. Кротовый дренаж

Кротовый дренаж состоит из подземных круглых ходов разного диаметра — от 5 до 25 см. Такие ходы проделываются особыми плугами. Основную часть плугов составляет вертикально укрепленный в корпусе плуга нож, который при движении плуга делает вертикальную щель глубиной до 0,8 — 1 м.

В нижней части ножа (и сзади его) прикрепляется так называемый дрeнер — заостренный спереди стальной массивный цилиндр, которым и проделывается кротовый ход в грунте.

В настоящее время за границей существует много типов кротовых плугов. Во время работы они передвигаются тракторами, начиная от 20-сильных гусеничных — для легких грунтов, небольшой глубины дрен и малого их диаметра. Плуги с дрeнером до 25 см диаметром, для работы в тяжелых грунтах на глубине свыше 0,8 м, требуют два 60-сильных гусеничных трактора.

Кротовые плуги передвигаются на колесном ходу или на полозьях. Как показали испытания, кротовые плуги на полозьях отличаются большей устойчивостью в работе, поэтому заслуживают предпочтения перед плугами колесными.

Основные недостатки кротовых дрен таковы.

1) Кротовые дрены слабо устойчивы и быстро разрушаются в периодически насыщаемых водой грунтах. Нередки случаи, когда кротовины заплывали в течение 2—3 дней.

Однако существуют грунты, которые дают достаточно устойчивую кротовину. По Янерту, эти грунты должны иметь теплоту смачивания  $< 4$  калорий и степень дисперсности  $> 8$ . Степень дисперсности равна

$$\frac{\text{фракция } d < 0,02 \text{ мм}}{\text{теплота смачивания}} \cdot$$

Эти свойства обычно имеют грунты глинистые, богатые известью.

2) Существенным недостатком кротового дренажа является невозможность проведения прямолинейных кротовин с совершенно правильным заданным уклоном.

Существующие механизмы для регулирования глубины хода дренажа являются пока грубыми и несовершенными.

Кротовый дренаж применяется в практике осушения не только для отвода воды, но и как средство, позволяющее рыхлить подпочву. Вследствие этого подпочва приобретает (времененно) лучшую фильтрацию, и если рыхление (через 2—5 м) произведено вдоль наибольшего уклона, то оно помогает инфильтрационным водам скатываться по уклону в ближайший водоприемник (например, канал).

Все остальные типы дренажа — фашинный, торфяной, каменный и др. — быстро заиливаются, почему для капитальных осушительных работ не рекомендуются.

### § 33. Гидравлический расчет дренажей

Для подбора поперечного сечения дрен необходимо прежде всего знать модуль внутреннего или дренажного стока, т. е. наибольшее количество отводимой дренами воды с единицы площади в единицу времени.

Расход воды, на который должна быть рассчитана дрена, определяется по формуле:

$$Q = Fq \text{ л в секунду,}$$

где  $Q$  — расход воды в дрене в литрах в секунду;

$F$  — водосборная площадь в гектарах, с которой поступают грунтовые воды в данную дренажную линию;

$q$  — модуль дренажного стока в литрах в секунду, который определяется по формуле акад. Костякова (см. стр. 489).

Водосборная площадь для расчета дренажа обыкновенно ограничивается площадью, занятой дренажной системой. Внешний водосбор в расчет дренажного стока не входит, так как он дает поверхностный сток, от которого дренируемые площади обыкновенно изолируются нагорными каналами.

#### Расчет размеров дрен

Гидравлический расчет размеров поперечных сечений трубчатых видов дренажа не имеет столь актуального значения, как для открытой сети.

Это происходит вследствие двух причин:

1) дрены рассчитываются на внутренний сток, который значительно меньше поверхностного;

2) диаметры дрен не должны быть меньше 8—10 см в предупреждение заиливания.

а) **Гончарные трубы.** Расход  $Q = \omega v$  м<sup>3</sup>/сек., где скорость определяется по формуле Шези.

$v = C \sqrt{RJ}$  м;  $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$  м<sup>2</sup> и гидравлический радиус  $R = \frac{d}{4}$  м, тогда

$$v = \frac{C}{2} \sqrt{dJ} \text{ м/сек.}$$

Для упрощения расчетов вводятся значения:

$$\text{модуля расхода } K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{\pi \cdot C}{8} d^{\frac{5}{2}},$$

$$\text{модуля скорости } W = \frac{v}{\sqrt{i}} = \frac{C}{2} \sqrt{d}.$$

Коэффициенты шероховатости принимаются для формулы Базена  $n = 0,20$ , для формулы Гангилье — Куттера  $n = 0,010-0,016$ , в среднем —  $0,012$ .

Коэффициент Шези  $C$  для гончарных труб определяется часто по формуле Гангилье — Куттера с коэффициентом шероховатости  $k = 0,27$ ; по Шпётле

$$C = \frac{100}{1 + \frac{k}{\sqrt{R}}} = \frac{100}{1 + \frac{0,27}{\sqrt{R}}} \quad \text{или} \quad C = \frac{100}{1 + \frac{0,54}{\sqrt{d}}}.$$

Акад. Н. Н. Павловский считает, что новейшей дренажной практике наиболее отвечает формула Маннинга, применяемая в Америке и Советском Союзе:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} = 90R^{\frac{1}{6}},$$

где  $n = 0,011$  для диаметров дрен  $d = 10-30$  см.

Для  $d \leq 10$  см акад. Н. Н. Павловский рекомендует формулу:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} = 83,3R^{\frac{1}{6}},$$

где  $n = 0,012$ .

Формула применяется в том случае, если качество дренажных труб и укладки хорошие; если же качество посредственное, то применяют формулу Куттера с коэффициентом  $k = 0,27$ .

*Значения модуля расхода  $K$  и модуля скорости  $W$  для дренажных труб по формуле Маннинга при  $n = 0,012$*

Диаметр труб $d$ см	$K$ л/сек.	$W$ м/сек.	Диаметр труб $d$ см	$K$ л/сек.	$W$ м/сек.	Диаметр труб $d$ см	$K$ л/сек.	$W$ м/сек.
4	4,86	3,87	15	165,0	9,34	50	4 091	20,83
5	8,81	4,49	16	196,0	9,75	60	6 652	23,53
6	14,33	5,07	18	268,3	10,54	70	10 034	26,07
7	21,62	5,62	20	355,3	11,31	75	12 060	27,30
7,5	25,98	5,88	22	458,1	12,05	80	14 325	28,50
8	30,86	6,14	24	577,8	12,77	90	19 611	30,83
9	42,25	6,64	25	644,2	13,12	100	25 980	33,08
10	55,96	7,12	30	1 047,6	14,82	110	33 489	35,24
12	91,0	8,05	35	1 580	16,42	120	42 236	37,34
12,5	101,5	8,27	40	2 256	17,95			
14	137,3	8,92	45	3 089	19,42			

Значения модуля расхода  $K$  и модуля скорости  $W$  для дренажных труб по формуле Куттера при коэффициенте шероховатости  $k=0,27$

Диаметр труб $d$ см	$K$ л/сек.	$W$ м/сек.	Диаметр труб $d$ см	$K$ л/сек.	$W$ м/сек.	Диаметр труб $d$ см	$K$ л/сек.	$W$ м/сек.
4	3,40	2,70	10	45,86	5,84	16	171,9	8,51
5	6,43	3,27	12	76,55	6,77	18	237,5	9,33
6	10,80	3,82	12,5	85,85	6,99	20	318,3	10,13
7	16,74	4,35	14	117,9	7,66	22	414,6	10,91
7,5	20,35	4,61	15	142,9	8,09	24	527,2	11,65
8	24,44	4,86				25	590,0	12,02
9	34,08	5,36						

Гидравлический расчет значительно упрощается при пользовании графиком Шлётле (рис. 205).

График составлен для формулы Гангиле — Куттера при  $k=0,27$ , наполнении дрен — 100%. На графике показаны: диаметр дрен  $d$ , уклон дрен  $J$ , скорость  $v$ , осушаемая дренажной площадью в гектарах  $F$  и гидромодуль осушения, т. е. количество воды, которое требуется отвести с одного гектара в 1 секунду,

$$Q = qF.$$

б) Расчет дрен квадратного сечения. Расчет производится при полном заполнении.

$$\text{Площадь сечения } F = \frac{Q}{v} = b^2.$$

$$\text{Смоченный периметр } \chi = 4b.$$

$$\text{Гидравлический радиус } R = \frac{b}{4}.$$

$$\text{Модуль расхода } K = \frac{C}{2} \cdot b^{\frac{5}{2}}.$$

$$\text{Модуль скорости } W = \frac{C}{2} \sqrt{b}.$$

Акад. Н. Н. Павловский рекомендует для определения коэффициента  $C$  пользоваться показательной формулой вида:

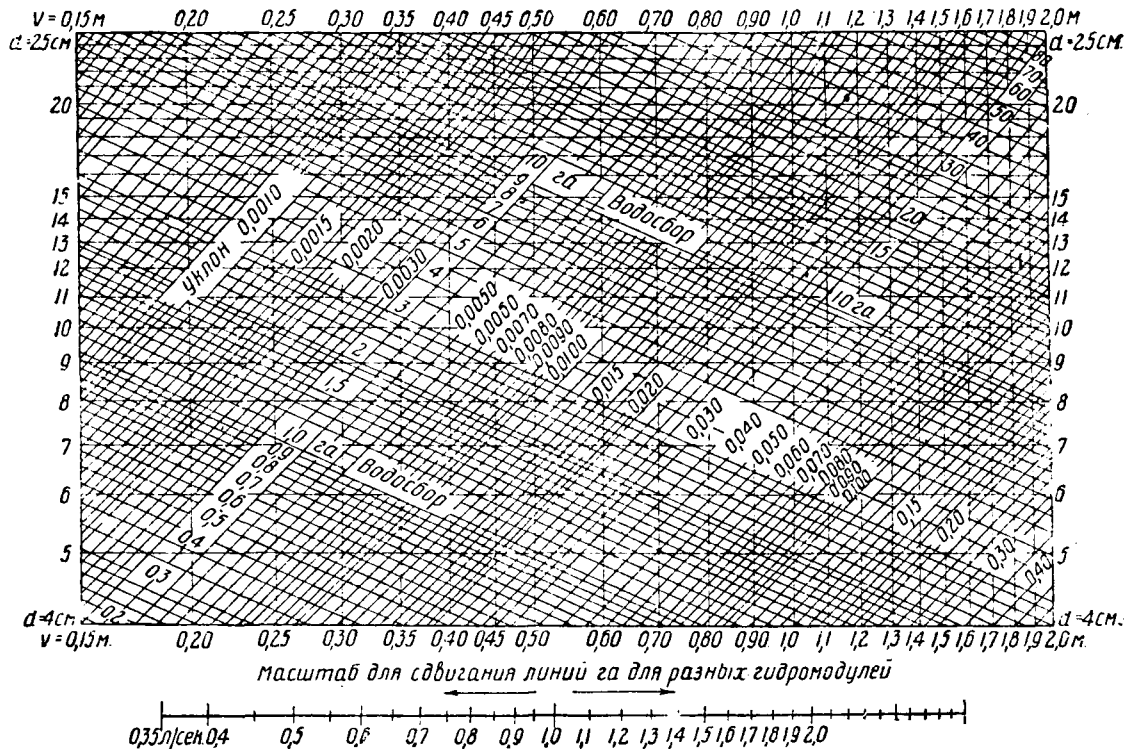
$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{n} \left( \frac{b}{4} \right)^{\frac{1}{7}} = \frac{0,82b^{0,14}}{n},$$

где  $y \approx \frac{1}{7}$ , что соответствует весьма малым гидравлическим радиусам в дренах Бутца, имеющим размер  $b = 5 - 16$  см.

Для досок строганых  $n = 0,0125$ ;  
для досок нестроганых  $n = 0,015$ .

$$K = 32,80b^{2,64}; \quad W = 32,80b^{0,64} \quad (\text{при } n = 0,0125).$$

$$K = 27,33b^{2,64}; \quad W = 27,33b^{0,64} \quad (\text{при } n = 0,015).$$



Значения модуля расхода  $K$  и модуля скорости  $W$  для деревянных дрен по системе Бутца

$b$ см	$K$ л.сек.		$W$ м.сек.		$b$ см	$K$ л.сек.		$W$ м.сек.	
	$n=0,0125$	$n=0,015$	$n=0,0125$	$n=0,015$		$n=0,0125$	$n=0,015$	$n=0,0125$	$n=0,015$
5	12,05	10,04	4,82	4,02	11	96,63	80,5	7,99	6,66
6	19,50	16,25	5,42	4,52	12	121,6	101,3	8,44	7,04
7	29,30	24,42	5,98	4,98	13	150,2	125,1	8,89	7,41
8	41,68	34,74	6,51	5,43	14	182,6	152,2	9,32	7,77
9	56,89	47,41	7,02	5,85	15	219,1	182,6	9,74	8,12
10	75,13	62,61	7,51	6,26	16	259,8	216,5	10,15	8,46

в) Расчет кротового дренажа. Для гидравлического расчета «кротовых ходов» Н. Н. Павловский использовал опыты проф. Цункера по определению коэффициента Шези  $C$  и получил такую зависимость:

$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{n} \left( \frac{d}{4} \right)^{0,22}$$

где  $n \leq 0,02$ ,

$$nK = \frac{\pi}{8,4^y} \cdot d^{2,5+y} = 0,29d^{2,72};$$

$$nW = \frac{1}{2,4^y} \cdot d^{0,5+y} = 0,37d^{0,72}.$$

Таблица значений  $nK$  и  $nW$  для кротового дренажа

$d$ см	$nK$ (л.сек.)	$nW$ (л.сек.)	$d$ см	$nK$ (л.сек.)	$nW$ (л.сек.)
4	0,046	0,036	10	0,553	0,071
5	0,084	0,043	12,5	1,014	0,083
6	0,138	0,049	15	1,665	0,094
7	0,209	0,055	20	3,641	0,116
8	0,301	0,060			

Значение  $n$  требует уточнений и детализации.

Наибольшая допустимая скорость в кротовых ходах по Цункеру:

$$v_{\max} = 0,20 \text{ м/сек.}$$

На практике для упрощения подсчетов круглых дрен лучше пользоваться приведенным выше графиком Шпётле (рис. 205).

### § 34. Уклоны в дренаже

Уклоны в дренах значительно превосходят уклоны открытой сети и большей частью лежат в пределах 0,002—0,050.

Нижеприводимая таблица дает значения уклонов для гончарных труб при  $v$  максимум = 1,0 м/сек. и  $v$  минимум = 0,20 м/сек. для различных диаметров дрен.

### Уклоны оля гончарных труб

d см	J <sub>макс.</sub>	J <sub>миним.</sub>	d см	J <sub>макс.</sub>	J <sub>миним.</sub>
4	0,080	0,0032	10	0,024	0,0009
5	0,056	0,0023	13	0,017	0,0007
6,5	0,040	0,0019	16	0,013	0,0005
8	0,035	0,0013			

В американской практике принимают минимальные уклоны для дрен диаметром в 100 мм:

при глинистых почвах . . . . .	0,002
при песчаных " . . . . .	0,003
для коллекторов при d равном 300 мм: . . . . .	0,0015
а свыше 300 мм . . . . .	0,005

Как общее правило, дрена следует укладывать с наибольшим уклоном, однако этот уклон не должен давать скоростей, превышающих следующие нормы:

#### Допускаемые скорости в дренажных трубах

Наименование материала труб	Допускаемая скорость (в метрах в секунду)
Деревянные . . . . .	3,50
Гончарные . . . . .	1,50
Керамические . . . . .	5,00
Цементно-бетонные . . . . .	2,00
Глиняные (кратовины) . . . . .	1,00

Сведения о скоростях при других конструкциях дренажа не даются ввиду неопределенности условий движения в них воды. В дренаже фашинно-хворостяном вследствие незначительных скоростей, здесь развивающихся, уклон может быть произвольно большим.

Минимальной допускаемой скоростью для дренажа является скорость 0,15—0,20 м/сек.; при низших скоростях наблюдается отложение взвешенных в воде веществ. Для грунтов песчаных, в которых закладывается дренаж, эта минимальная допускаемая скорость достигает 0,30—0,35 м/сек.; при обычных условиях такую скорость можно получить в гончарном дренаже при уклоне 0,0025. При поступлении загрязненных вод допустимая минимальная скорость — 0,6 м/сек. Вообще говоря, уклон гончарных или досчатых дрен не должен быть ниже 0,001—0,002.

#### Наиболее принятые уклоны дренажей

Гончарный дренаж . . . . .	J от 0,002 до 0,01
Дренаж досчатый . . . . .	J » 0,001 » 0,05
Дренажи жердяные разные . . . . .	J » 0,002 » 0,008

## § 35. Сопряжения дренажных труб

Соединение дренажных труб может быть как в одной плоскости, так и в разных плоскостях, причем последнее более желательно, так как устраняет подпор. При соединении дрен в разных плоскостях необходимо проделать два отверстия: внизу осушителя и вверху коллектора; при этом конец осушителя закрывается кирпичом.

Более надежное соединение производится при помощи фасонных частей, однако такие соединения встречаются редко.

При сопряжении досчатых дрен устье дрены также располагается над коллектором.

## § 36. Сооружения на дренажной сети

Основными и необходимыми на дренажной сети сооружениями нужно считать: устья, смотровые колодцы и регулирующие сооружения.

1) Устья в дренажной системе играют ответственную роль, так как имеют назначение — предохранить коллектор (а следовательно, и всю дренажную систему) от повреждений с устьевого его конца.

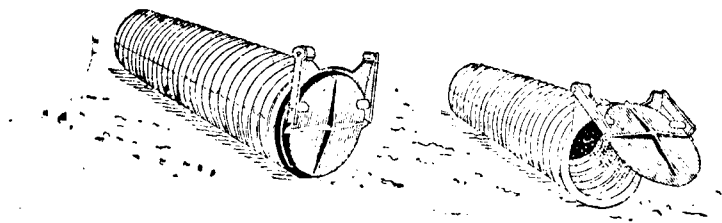


Рис. 206 и 207.

Откос водоприемника в месте выхода коллектора должен быть укреплен прочной стенкой из дерева или кладки, в которую и заделывается устье коллектора. Конец коллектора оканчивается деревянной, бетонной, железной или керамической трубой, длиной не менее 2 м.

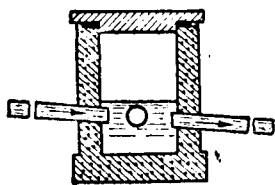


Рис. 208.

Для устранения закуорки коллекторов или засорения их животными (лягушками, рыбами и др.) необходимо заделывать устье коллекторов сеткой (10 × 10 мм).

Если устье коллектора будет периодически затопляться со стороны водоприемника, то следует ставить клапан. Одна из совершенных (американских) конструкций, указана на рис. 206 и 207.

От целого ряда причин (характера водоприемника, его берегов, наличия материала и др.) конструкции устьев могут меняться.

Так, в Америке часто применяются конструкции бетонных устьев, в зыбких же грунтах — свайная конструкция, когда верхний конец трубы уложен на поддерживающий брус (на две глубоко вбитые сваи).

Для дренажей легкого типа ограничиваются устройством более solidной трубы и подкладкой камня в канале под устьем в предупреждение размывания откоса и дна.

2) Смотровые колодцы с осадочными отстойниками устраиваются с целью очистки и контроля за работой дренажной системы во всех ее узлах, а также в пунктах перегиба дренажной линии как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Дно колодца (рис. 208) устраивается на 30—45 см ниже выхода в него дренажных труб с тем, чтобы он одновременно мог служить и отстойником для оседания наносов, выносимых дренажными водами. Колодцы устраиваются при сопряжении дрен с коллекторами, если они закрыты, а также по коллектору, если он не принимает дрен, на расстоянии 300 м друг от друга, а иногда и чаще. Периодическая прочистка колодцев обязательна, иначе они теряют свое назначение.

Иногда шахты колодцев могут быть использованы как перепады в случае прохождения дренажной линии по крутому склону местности.

3) Регулирующие сооружения в дренажной сети устраиваются с той же целью, что и в открытой осушительной системе, т. е. для увеличения или уменьшения высоты уровня грунтовых вод. С этой целью применяются небольшие затворы в смотровых колодцах, препятствующие течению воды.

## ГЛАВА VI

### ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАНАЛОВ

#### § 37. Основные данные для расчетов каналов

Гидравлический расчет имеет целью определение сечения каналов и увязки в них расчетных горизонтов. Основными данными при гидравлических расчетах являются:

- 1) расчетный расход,
- 2) уклон дна канала по продольному профилю,
- 3) глубина необходимого понижения расчетного горизонта от бровки канала,

4) шероховатость русла канала,

5) конструкция поперечного сечения русла канала.

В осушении приняты четыре формы поперечного сечения каналов:

- а) трапециевидная — применяется при выполнении работ вручную;
- б) параболическая — применяется в однородных более или менее сыпучих грунтах при механизированном исполнении;
- в) полигональная — состоящая из двух и более трапеций;
- г) полуэллиптическая — вводится вместо полигональных сечений для удобства исполнения машинным путем.

Кроме того, приняты разнообразные формы сечений каналов с креплением откосов.

Расчетный расход принимается равным произведению из модуля стока  $q$  в литрах в секунду на величину водосборной площади  $Q$  в гектарах, тяготеющей к данному каналу. Каналы с водосборной площадью менее 200 га гидравлическому расчету не подлежат. Сечению их придаются стандартные минимальные размеры:

для магистралей — глубина 1,20 м, ширина по дну 0,40 м;

для собирателей — глубина 0,80 м, ширина по дну 0,30—0,20 м.

Откосы в том и другом случаях принимаются в соответствии с родом грунта. В целях соблюдения равномерного движения водного потока необходимо придавать дну канала однообразный продольный уклон. В случае невозможности соблюсти это правило канал по уклону надлежит разбить на минимальное число возможно длинных участков, причем уклоны смежных участков должны иметь небольшую разницу;

При частых изломах дна канала нельзя применять формулы равномерного движения. Расчет надлежит производить по формулам неравномерного режима.

Высота стояния расчетного горизонта воды в канале от его бровки (или его запас) предопределяется целями осушения.

Нормы запаса характеризуются следующими цифрами:

### Нормы запаса воды в каналах

Назначение осушаемой площади	Запас (глубина стояния воды в каналах, в метрах)
Луга или пастбища . . . . .	0,40—0,50
Поля с.-х. культур . . . . .	0,50—0,60
Поля разлива (гидроторф) . . . . .	0,40
Аэродромы . . . . .	0,70
Леса . . . . .	0,0с

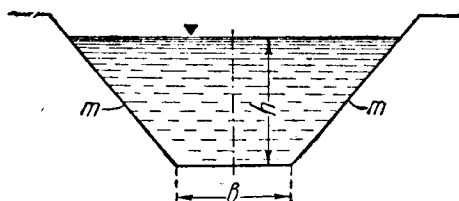


Рис. 209.

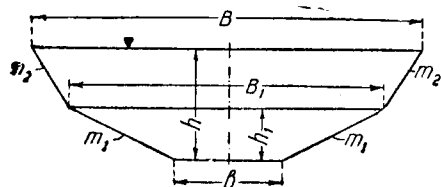


Рис. 210.

При таком запасе уровень воды обычных предпосевных и летних паводков водоприемника не должен подтоплять горизонта впадающих в него канав.

При интенсивном осушении или ускорении поверхностного стока горизонт обычных летних паводков должен стоять ниже бровки любого канала не меньше чем на 0,25 м, и только при исключительно больших паводках допускается работа канала полным сечением.

Высота стояния межених вод в водоприемнике должна быть ниже или равна высоте впадающих в него канав.

## § 38. Формулы для поверочного расчета каналов

При расчете каналов в осушении обычно применяется так называемый поверочный расчет, при котором задаются формой и размерами живого сечения канала. Для гидравлического расчета необходимы, кроме того, следующие данные:  $Q$  (расход),  $J$  (уклон дна канала),  $h$  (глубина канала),  $m$  — коэффициент откоса.

1) Для трапециoidalных сечений:

живое сечение  $\omega = h(b + mh)$  м;

смоченный периметр:  $\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$  м;

гидравлический радиус  $R = \frac{h(b + mh)}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}$  м;

компоненты, входящие в эти формулы, обозначены на рис. 209.

2) Для полигонального сечения (рис. 210):

общая площадь живого сечения,

$$\omega = h_1(b + m_1 h_1) + (h - h_1)[B + m_2(h - h_1)];$$

смоченный периметр

$$\chi = b + 2h_1 \sqrt{1 + m_1^2} + 2(h - h_1) \sqrt{1 + m_2^2} \text{ м};$$

3) Для параболического сечения (рис. 211):

$$B = 2 \sqrt{2pr} \text{ м},$$

где  $p$  — параметр параболы;

$$\omega = \frac{2}{3} B h \text{ м}^2;$$

$$\chi = B \left[ 1 + \frac{8}{3} \left( \frac{h}{B} \right)^2 - \frac{32}{5} \left( \frac{h}{B} \right)^4 \right] = B \alpha \text{ м},$$

$\alpha$  — определяется таблицей.

Значение  $\alpha$  как функции  $\frac{B}{H}$  для параболы

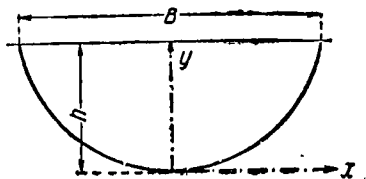


Рис. 211.

$\frac{B}{H}$	$\alpha$	$\frac{B}{H}$	$\alpha$	$\frac{B}{H}$	$\alpha$	$\frac{B}{H}$	$\alpha$
3,00	1,236	5,40	1,085	9,80	1,027	20,00	1,007
3,10	1,224	5,60	1,079	10,00	1,026	20,50	1,006
3,20	1,213	5,80	1,074	10,50	1,024	21,00	1,006
3,30	1,202	6,00	1,070	11,00	1,022	21,50	1,006
3,40	1,192	6,20	1,065	11,50	1,020	22,00	1,006
3,50	1,183	6,40	1,062	12,00	1,018	22,50	1,005
3,60	1,174	6,60	1,058	12,50	1,017	23,00	1,005
3,70	1,166	6,80	1,055	13,00	1,016	23,50	1,005
3,80	1,159	7,00	1,052	13,50	1,014	24,00	1,005
3,90	1,152	7,20	1,049	14,00	1,013	24,50	1,004
4,00	1,146	7,40	1,047	14,50	1,013	25,00	1,004
4,10	1,139	7,60	1,044	15,00	1,012	26,00	1,004
4,20	1,133	7,80	1,042	15,50	1,011	27,00	1,004
4,30	1,128	8,00	1,040	16,00	1,010	28,00	1,003
4,40	1,123	8,20	1,038	16,50	1,010	29,00	1,003
4,50	1,118	8,40	1,037	17,00	1,009	30,00	1,003
4,60	1,113	8,60	1,035	17,50	1,009	31,00	1,003
4,70	1,109	8,80	1,033	18,00	1,008	32,00	1,003
4,80	1,105	9,00	1,032	18,50	1,008	33,00	1,002
4,90	1,101	9,20	1,031	19,00	1,007	34,00	1,002
5,00	1,098	9,40	1,029	19,50	1,007	35,00	1,002
5,20	1,091	9,60	1,028				

4) Для полуэллиптического сечения:

$B = 2a$ , где  $a$  — большая полуось эллипса,

$$\omega = \frac{\pi a \cdot b}{2} \text{ м}^2, \text{ где } b \text{ — малая полуось эллипса,}$$

$$\chi = \frac{\pi}{2} (a + b) \cdot K \text{ м.}$$

Коэффициент  $K$  определяется следующей таблицей:

Значение  $K$  как функции  $\frac{a+b}{a-b}$  полуосей эллипса

$\frac{a+b}{a-b}$	$K$	$\frac{a+b}{a-b}$	$K$
0,1	1,0025	0,6	1,0922
0,2	1,0100	0,7	1,1267
0,3	1,0226	0,8	1,1677
0,4	1,0404	0,9	1,2155
0,5	1,0635	1,0	1,2732

5) Для сечения, закрепленного вертикальными подпорными стенками (рис. 212):

$$B = b + 2[l + m(H - h_1)]m;$$

$$\omega = [b + 2l + m(H - h_1)] \times (H - h_1) + bh_1m;$$

$$\chi = 2[h_1\sqrt{l + m^2} + l + h_1] + bm.$$

Затем определяется гидравлический радиус  $R = \frac{\omega}{\chi}$  и коэффициент Шези  $c$  (определение  $c$  — см. выше).

После этого определяется скорость  $v = c\sqrt{RJ}$  и, наконец, расход:

$$Q = \omega v.$$

Полученный расход  $Q$  сравнивается с требуемым. Если он намного не подходит к требуемому, то, задавая другими размерами сечения канала, проделяют вновь поверочный расчет до тех пор, пока полученный расход не будет приблизительно равен требуемому.

Ввиду такой мешкотности гидравлический расчет каналов трапециoidalного сечения выгоднее производить при помощи номограмм (см. рис. 212 и др.)

Номограммы построены для шероховатости  $n = 0,03$ . Для гидравлически наиболее выгодного сечения (рис. 213 — 217) отыскивается требуемая

глубина живого сечения  $l$ . Для этого восстанавливаются перпендикуляры из точки данного уклона (абсцисса) и из точки данного расхода. Точка пересечения обоих перпендикуляров находится между кривыми  $l$ , причем искомая глубина находится интерполяцией.

При произвольном трапециoidalном сечении пользуются другими номограммами (рис. 218—222). Для получения глубины надо знать ширину по дну  $b$  (задаться). При определении глубины следует провести ряд линий (горизонтальных и вертикальных) так, как показано на каждой номограмме стрелками.

(О прямом расчете параболических и эллиптических сечений — см. § 80).

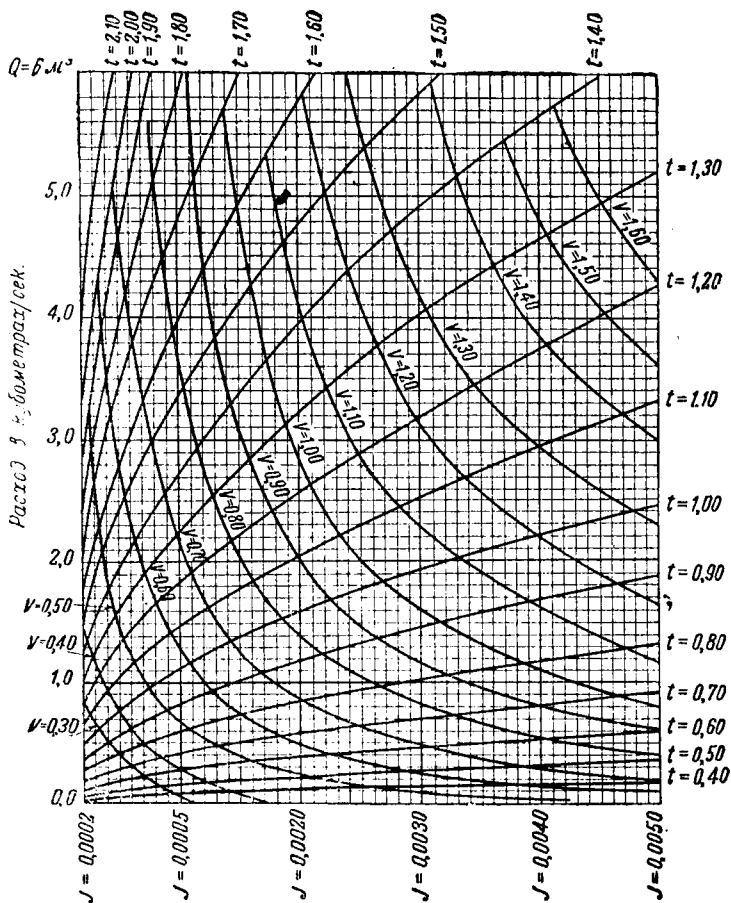


Рис. 213. Номограмма для определения глубины  $t$  живого (гидравлически невыгоднейшего) сечения канала по расходу  $Q$  и уклону  $J$  (в метрах).  $n = 0,030$ ; откосы  $m = 1/4$ . Ширина дна  $b = 1,56 t$ . Площадь живого сечения  $\omega = 1,81 t^2$ .

### § 39. Последовательность в гидравлическом расчете

Гидравлический расчет преследует цели:

- определение размеров живых и поперечных сечений канала;
- нанесение на продольный профиль этого канала расчетных горизонтов (предпосевные, бытовые);
- увязку их (гидравлически) по всей длине продольного профиля;
- правильное сопряжение этих горизонтов с соответствующими горизонтами водоприемника;

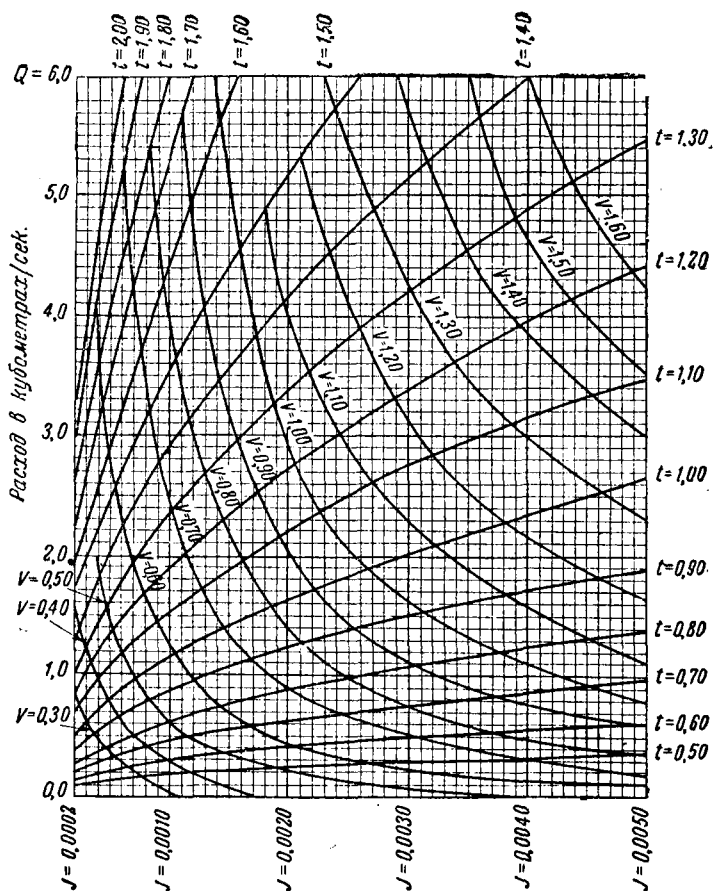


Рис. 214. Номограмма для определения глубины  $t$  живого (гидравлически наилучшего) сечения канала по расходу  $Q$  и уклону  $J$  (в метрах).  $n = 0,030$ ; откосы  $m = 1,2$ . Ширина дна =  $1,24 t$ . Площадь живого сечения  $\omega = 1,74 t^2$ .

Расчет надлежит вести в следующем порядке.

1) На продольном профиле, пересекая его бровку в возможно большем числе точек, наносится линия уклонов дна канала; параллельно последней, после определения глубины канала, намечается самое дно канала.

2) По продольному профилю и разрезам грунтов, входящих в его состав, в каждом типовом участке по грунту, уклону и глубине проектируется конструкция сечений канала, удовлетворяющая условиям его устойчивости.

3) По бытовым расходам и уклонам дна канала определяется (по графикам рис. 213—222), с первым приближением, заполнение при наилучшем живом сечении. Это делается для каждого участка с резким

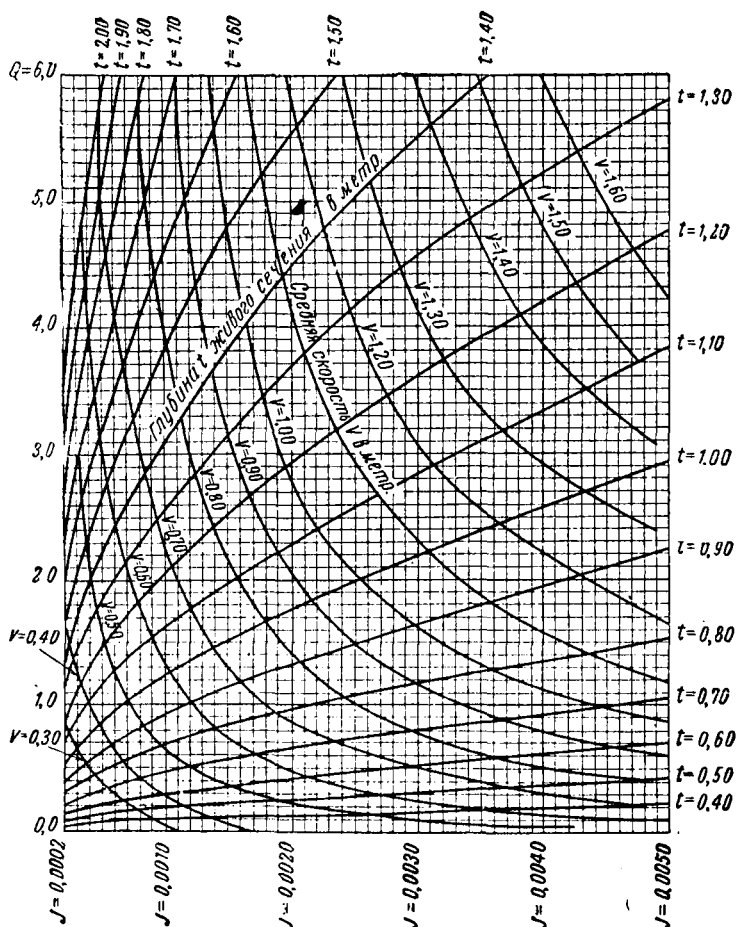


Рис. 215. Номограмма для определения глубины  $t$  живого (гидравлически наилучшего) сечения канала по расходу  $Q$  и уклону  $J$  (в метрах).  $n = 0,030$ ; откосы  $m = 1$ . Ширина дна  $b = 0,81 t$ . Площадь живого сечения  $\omega = 1,82 t^2$ .

изменением уклона, а также в случае изменения величины водосборной площади и, следовательно, расхода воды.

При расчете на бытовой расход желательно выбирать гидравлически наилучшие сечения, как дающие наибольшую скорость; последнее важно для всех каналов, имеющих небольшие уклоны.

4) К найденной при бытовом горизонте глубине прибавляют глубину типичного канала, впадающего в рассчитываемый. Затем производят поверочный гидравлический расчет на полученную суммарную глубину; необходимо, чтобы полученный в результате подсчета расход был более расчетного предпосевного.

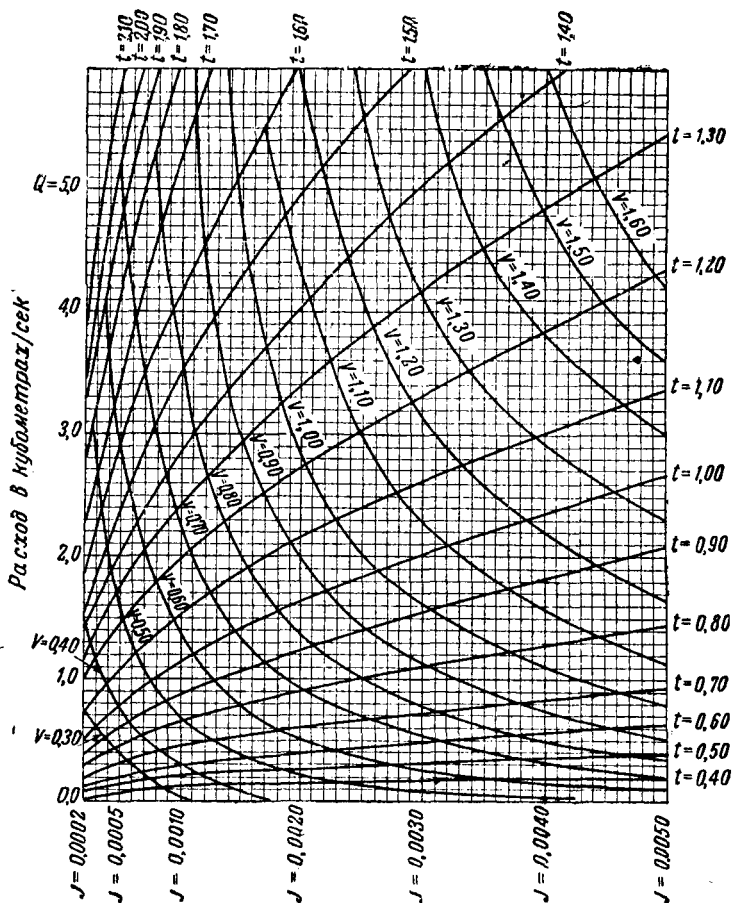


Рис. 216. Номограмма для определения глубины  $t$  живого (гидравлически наивыгоднейшего) сечения канала по расходу  $Q$  и уклону  $J$  (в метрах).  $n = 0,030$ ; откосы  $m = 1\frac{1}{4}$ . Ширина дна  $b = 0,70 t$ . Площадь живого сечения  $\omega = 1,95 t^2$ .

При таком способе расчета нередко получается большая глубина заполнения (больше нормальных глубин — 1,2—1,7 м) для магистралей от паводковых расходов. Чтобы избежать этого, увеличивают ширину по дну, отказываясь от гидравлически наивыгоднейшего сечения.

5) Установленные глубины заполнения канала наносятся на профиль. Полученные таким образом точки соединяются между собой плавной линией, представляющей линию расчетного горизонта воды. Последняя должна быть параллельна дну канала. В случае несоблюдения этого правила в створах, нарушающих параллельность, изменяется в ту или другую сторону ширина каналов по дну до пределов, обеспечивающих соблюдение параллельности между горизонтом воды и дном.

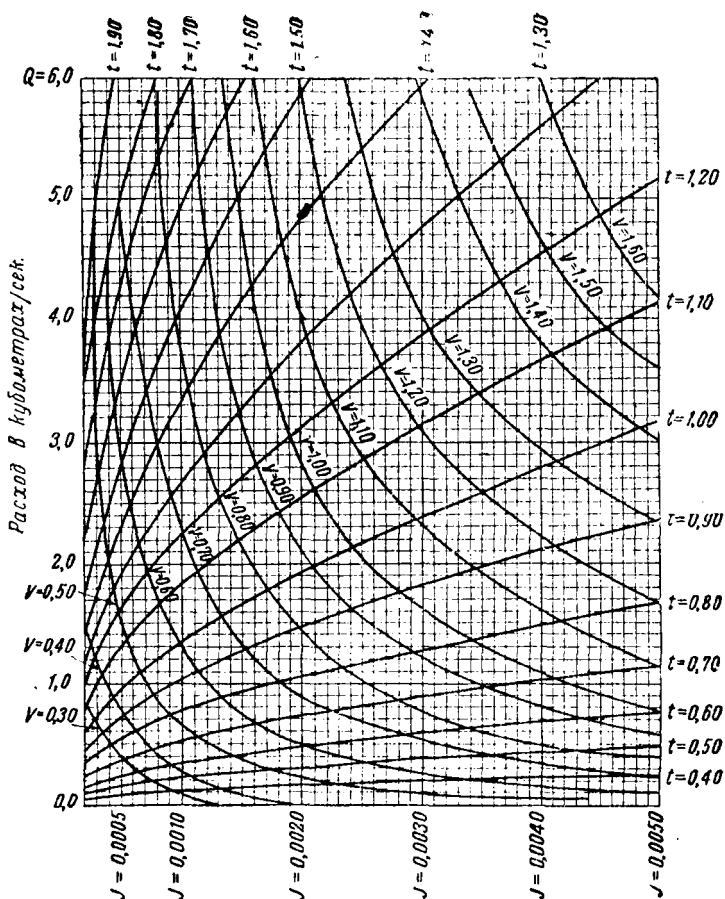


Рис. 217. Номограмма для определения глубины  $t$  живого (гидравлически наиболее выгодного) сечения канала по расходам  $Q$  и уклону  $J$  (в метрах).  $n = 0,030$ ; откосы  $m = 1\frac{1}{2}$ . Ширина дна  $b = 0,60 t$ . Площадь живого сечения  $\omega = 2,10 t^2$ .

6) Для получения полной глубины канала необходимо к найденной вышеизложенным образом глубине заполнения его прибавить глубину, соответствующую приведенным в таблице на стр. 518 запасам. Откладывая отметки запасной глубины в соответствующих местах продольного профиля, проводят через полученные таким образом точки линию. На глубине, соответствующей расчетной, проводят линию дна канала, параллельную уже намеченным линиям горизонта воды. Таким образом получается проектное дно канала.

7) После производства поверочных расчетов и окончательного нанесения расчетных горизонтов воды производится проверка сопряжений горизонтов водоприемника с горизонтами выпадающих в него каналов.

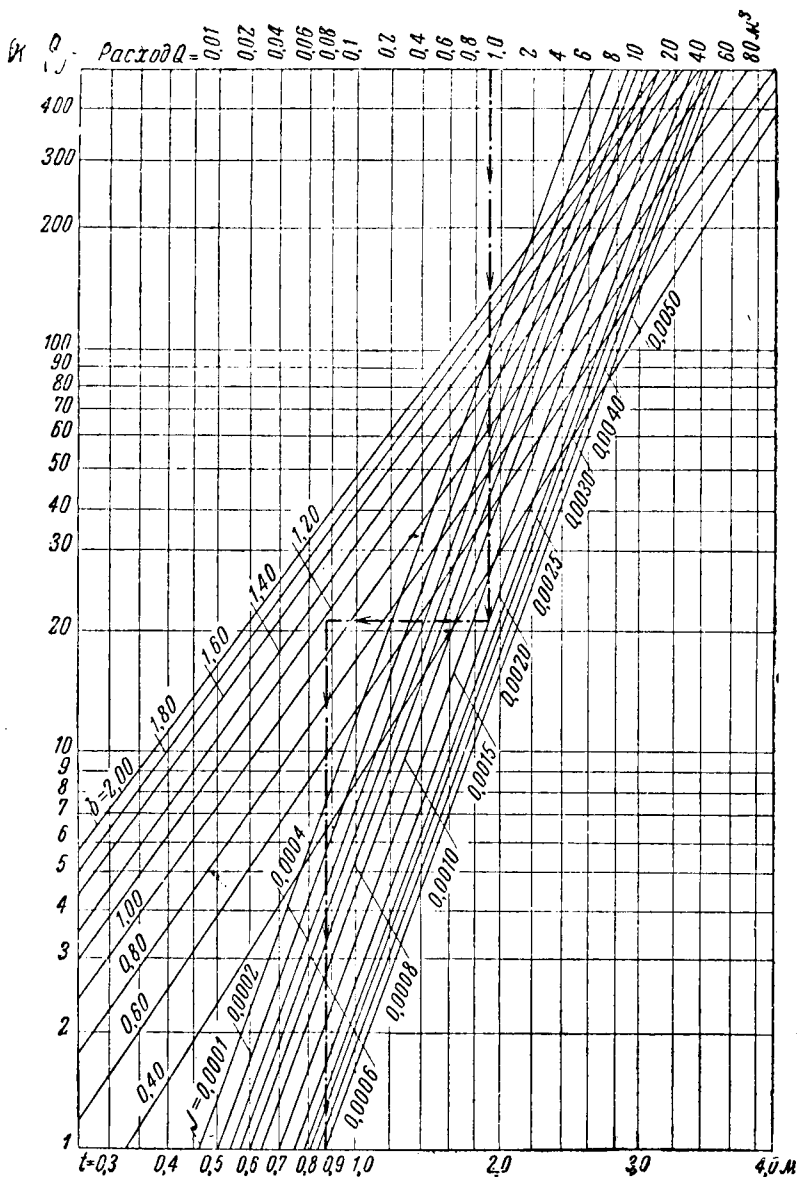


Рис. 218. Номограмма для определения элементов живого сечения канала (глубины  $t$  или ширины дна  $b$ ) по расходу  $Q$  и уклону  $J$  (в метрах).  $n=0,030$ ; откосы  $m = 1,0$ .

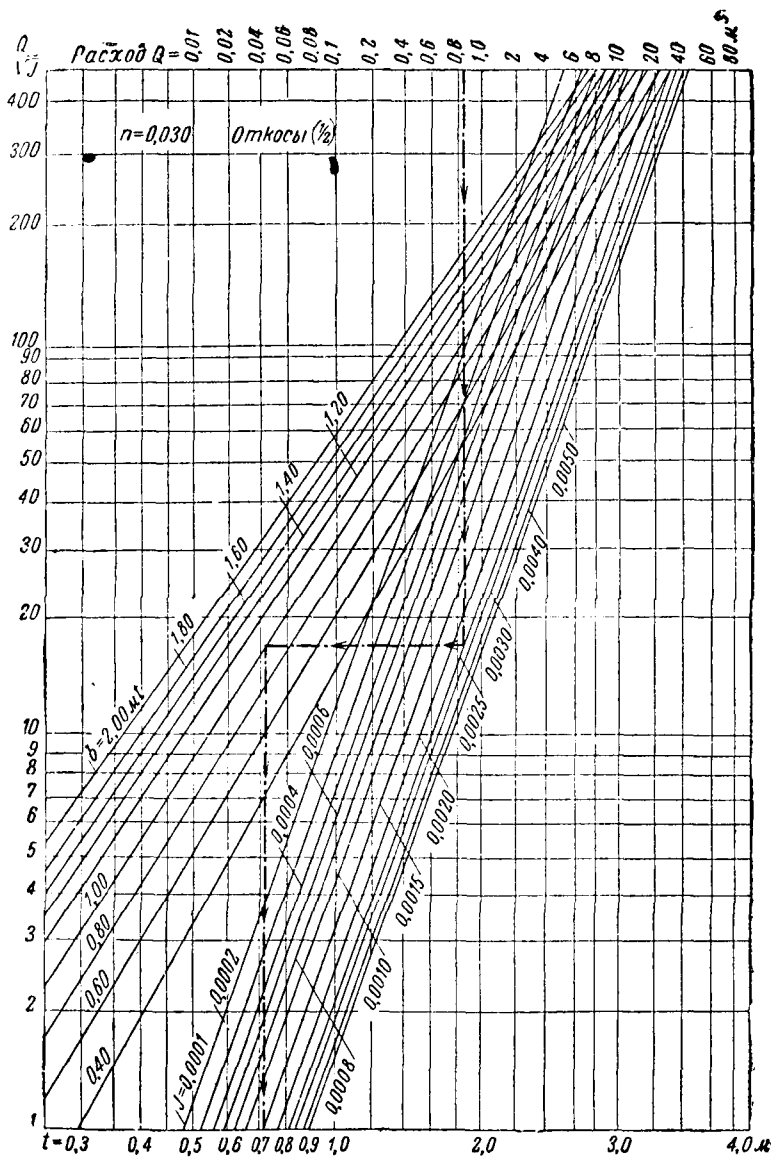


Рис. 219. Номограмма для определения элементов живого сечения канала (глубины  $t$  или ширины дна  $b$ ) по расходу  $Q$  и уклону  $J$  (в метрах);  $n = 0,30$ ; откосы  $m = 1,4$ .

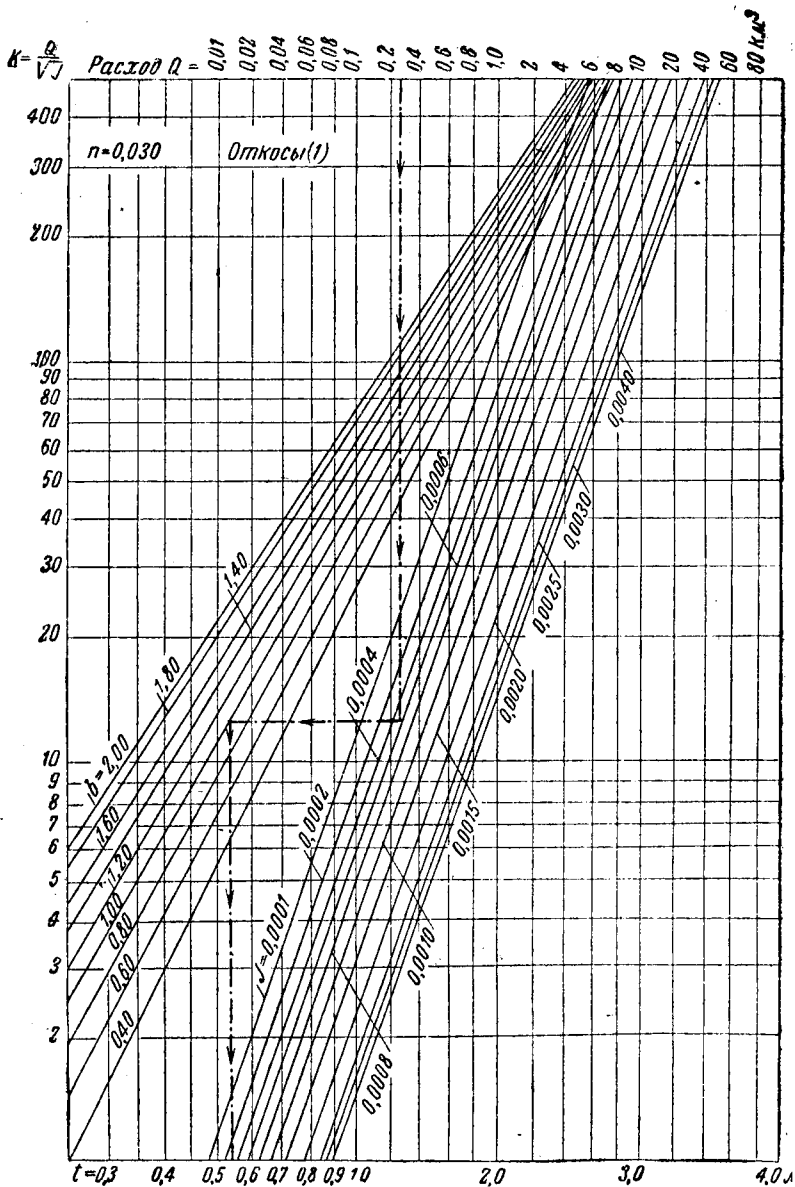


Рис. 220. Номограмма для определения элементов живого сечения канала (глубины  $t$  и/или ширины дна  $b$ ) по расходу  $Q$  и уклону  $J$  (в метрах);  $n=0,030$ ; откосы  $m=1$

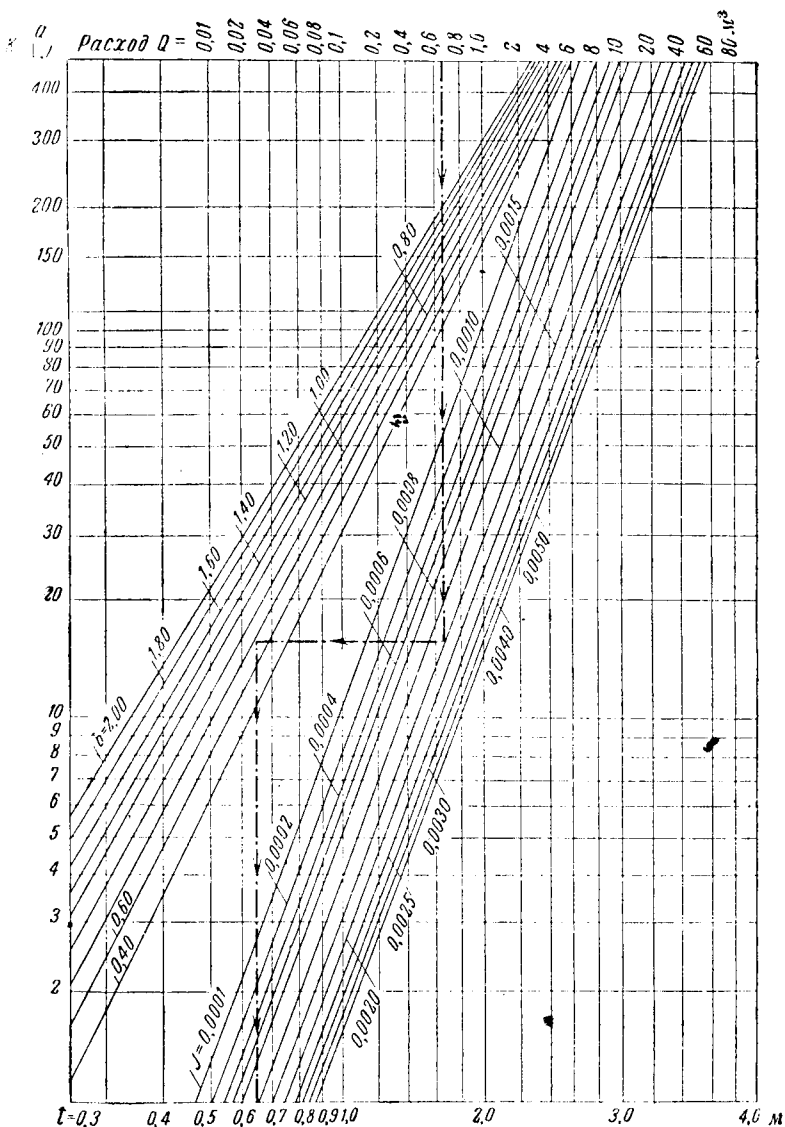


Рис. 221. Номограмма для определения элементов живого сечения канала (глубины  $t$  или ширины дна  $b$ ) по расходу  $Q$  и уклону  $J$  (в метрах).  
 $n = 0,030; m = 1^1/2$ .

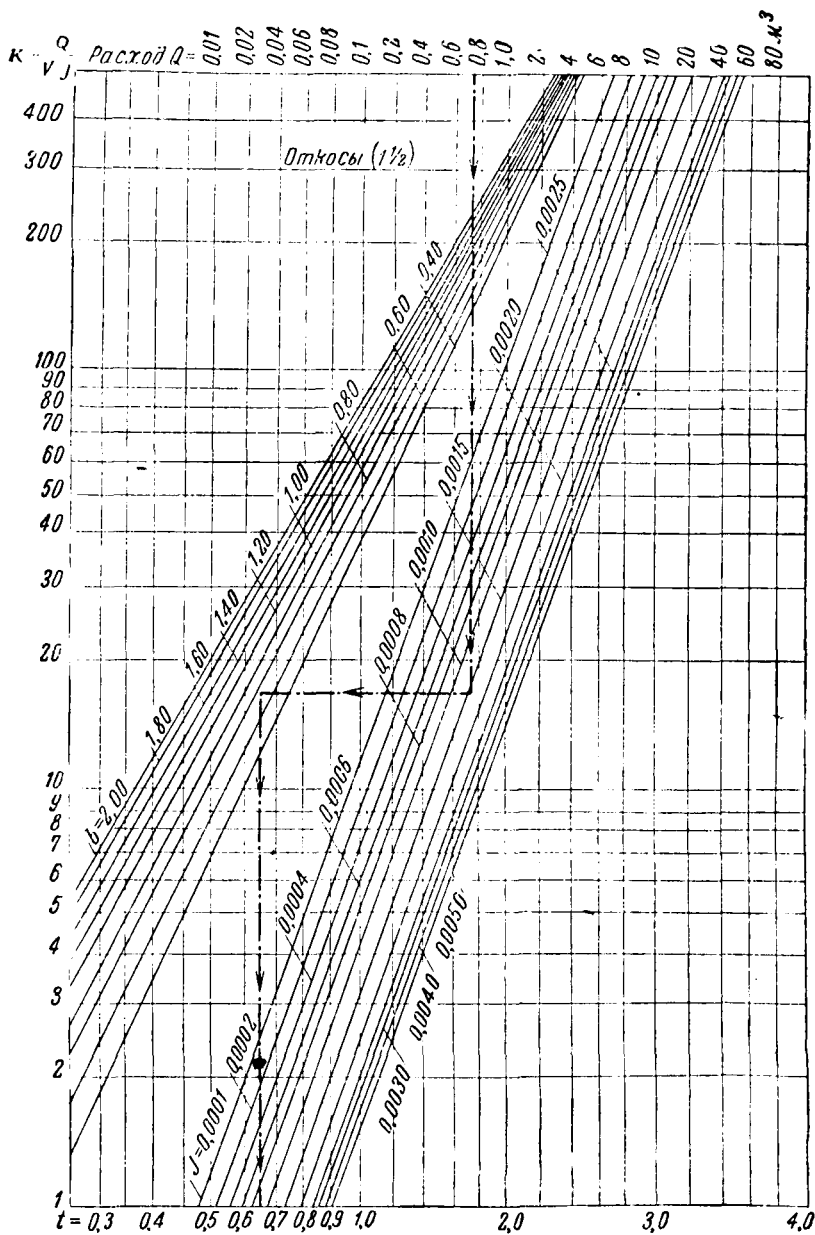


Рис. 222. Номограмма для определения элементов живого сечения канала (глубины  $t$  или ширины дна  $b$ ) по расходу  $Q$  и уклону  $J$  (в метрах).  $n = 0,033$ ; откос  $m = 1$ .

Таблица критических неразмывающих грунт скоростей в осушительных каналах

Грунты	Гранулометрическая характеристика (размеры фракций в миллиметрах)	Состояние залегания	Критическая скорость (в метрах в секунду)
Тонкий коллоидальный ил . . . . .	Частиц с $d < 0,002$ — более 50%. Много органических примесей	Рыхлое	0,15—0,25
Ил тяжелый минеральный . . . . .	Частиц с $d < 0,002$ меньше 50% общего веса	»	0,25—0,30
Мелкий чистый песок . . . . .	Частиц с $d = 0,05$ — около 80% общего веса	»	0,35—0,45
Средний чистый песок . . . . .	Фракция ( $0,25 < d < 1,0$ ) около 80% общего веса	»	0,45—0,60
Крупный песок . . . . .	Фракция ( $1,0 < d < 2,5$ ) ~ 90% общего веса	»	0,60—0,75
Мелкий песок с примесью ила или глины . . . . .	Состав песчаного скелета аналогичен чистому песку; примесей $\nabla$ 10%	Более плотн.	0,40—0,60
Средний песок с той же примесью . . . . .	Те же условия: примесей $\nabla$ 10%	» »	0,50—0,70
Крупный песок с той же примесью . . . . .	Те же условия: примесей $\nabla$ 15%	» »	0,75—0,95
Мелкий гравий чистый . . . . .	$2,5 < d < 7,5$	Рыхлое	1,0—1,2
Крупный гравий чистый . . . . .	$7,5 < d < 15$	»	1,5—1,8
Крупные камни . . . . .	$2,5 < d < 40$	»	3—5
Легкий суглинок . . . . .	$d < 0,01 \leq 17\%$	Более плотное	0,5—0,7
Средний суглинок . . . . .	$d < 0,01 \leq 22\%$	» »	0,6—1,0
Тяжелый суглинок . . . . .	$d < 0,01 \leq 35\%$	» »	0,7—1,3
Песчаная глина . . . . .	Фракций глины $> 33\%$ , фракций песка $\leq 50\%$	» »	0,7—1,2
Обыкновенная глина . . . . .	Фракция глины составляет до 50% общего веса	» »	0,7—1,2
Жирная глина . . . . .	То же	» »	0,4—1,0
Лёсс . . . . .	»	—	0,45—1,0
Сфагновый торф . . . . .	Степень разложения 40%	—	1,5
Ольховый торф . . . . .	» » 80%	—	0,6
Гипно-осоковый . . . . .	» » 40%	—	2,0
Хвощевый . . . . .	» « 40%	—	0,7
Мостовая одинарная . . . . .	$15 < d < 25$ см	—	2—3
Мостовая двойная . . . . .	$15 < d < 25$ см	—	2,5—4,0
Бетонная одежда . . . . .	При временном сопротивлении раздроблению 90 кг/см <sup>2</sup>	—	5
Бетонная одежда . . . . .	То же при 210 кг/см <sup>2</sup>	—	10
Одерновка плашмя . . . . .	—	—	0,7—0,9
Одерновка в стенку . . . . .	—	—	1,5—1,6
Плетневые хворостяные покрытия . . . . .	—	—	1,5—2,0

Гидравлический расчет магистрального канала надлежит производить в следующих местах:

- а) в самом конце верхнего участка;
- б) во всех местах ниже впадения боковых канав, где следует ожидать более или менее значительного изменения расхода;
- в) на нижней (по течению) границе участков с разными уклонами;
- г) в самом нижнем сечении при впадении канала в водоприемник.

При гидравлическом расчете обращают внимание на максимальные и минимальные допустимые скорости.

Максимальные скорости, допускаемые для открытых каналов, показаны в таблице на стр. 531.

Эта таблица не учитывает содержания иввести; между тем иввесть делает грунт более связным и сильно повышает его сопротивляемость размыву.

Минимальные скорости, допускаемые для открытых каналов в разных грунтах, приведены в нижеследующей таблице.

*Минимальные скорости, при которых оседают иввести*

№ по порядку	Название наносов	Механический состав (диаметр в миллиметрах)	Состав наносов	Скорость (в метрах в секунду)
1	Ил . . . . .	0,001	Окись железа и гидратные каолины, фосфат иввести с примесью аморфного кремнезема	0,2
2	Песчаная пыль . . .	0,25—0,05	Почти чистый кварц. Обломки отдельных минералов с постепенным преобладанием кварца по мере раздробления	0,4
3	Песок . . . . .	3,0—0,5		
4	Песок мелкий . . .	0,5—0,25	То же	1,0
5	Хрящ . . . . .	5—3		Обломки массивных пород
				1,5

Скорость течения воды во избежание интенсивного зарастания не должна быть менее 0,3—0,5 м в секунду. Однако и такая скорость не дает полной гарантии от зарастания, почему с ним следует бороться посредством затенения.

Относительно скорости оседания торфяных аморфных остатков, преобладающих обыкновенно на дне каналов или дрен, проложенных в торфе, никаких исследований произведено не было, но есть основание думать, что такие вещества подходят под грунт № 1 вышеприведенной таблицы.

## § 40. Сопряжения основных и боковых каналов

Каналы боковые, имеющие расходы  $< 0,25$  м<sup>3</sup>/сек., сопрягаются с основными каналами следующим образом. Определяют отметку и глубину заполнения при равномерном режиме в канале-водоприемнике. Горизонт этот наносят на профиль. Затем на профиле впадающего канала наносят расчетный горизонт, который должен располагаться параллельно дну этого канала.

Разность отметок этого горизонта и горизонта в водоприемном канале должна приблизительно равняться  $\frac{1}{3}$  глубины заполнения во впадающем канале. Поэтому последнюю глубину необходимо увязать согласно только что означенному правилу.

Из сказанного вытекает неизбежность построения перепада *a* (рис. 223) при узле сопряжения каждой пары каналов.

Поэтому нежелательно увеличивать число порядков каналов. Чем выше порядок канала, тем меньше получится глубина канала, а стало быть, и ниже будет норма осушения.

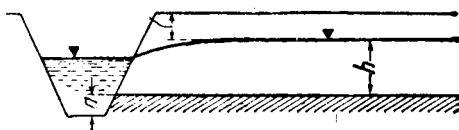


Рис. 223.

Боковые каналы, несущие незначительные расчетные расходы, сопрягаются со старшими таким образом, чтобы дно канала в узле сопряжения было на одной отметке с горизонтом (бытовым) канала-водонриемника.

## ГЛАВА VII

# ОСУШИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ХОЗЯЙСТВАХ

## § 41. Осушение лугов

Первой задачей при осушении луговых площадей является их изоляция от притока посторонних вод (поверхностных с водосбора и грунтовых), заболачивающих эти площади. Следовательно, необходимы нагорные, или ловчие, каналы. Одновременно проводятся магистральные и тальвеговые каналы. Этим ограничивается первоочередная сеть.

При преобладающем атмосферном питании луговых площадей, кроме указанных каналов первой очереди, применяется система собирателей.

Система собирателей для ускорения поверхностного стока состоит из каналов 2-го порядка — собирателей (рис. 197 *вв*, *аа* и т. д.), расположенных по следующим правилам:

а) собиратели должны иметь направление поперек ската местности, пересекая горизонталь под более или менее острым углом;

б) собиратели должны быть параллельны друг другу;

Взаимное расстояние между каналами определяется таблицей:

*Расстояние между собирателями (в метрах) для лугов и пастбищ*

Объект осушения	Уклон осушаемой поверхности					
	0,0002	0,0005	0,0010	0,0015	0,0020	0,003
Луга . . . . .	80	100	120	130	140	160
Пастбища летние . . . . .	60	75	90	100	110	120

Это расстояние несколько меняется в зависимости от географического положения местности.

Для определения расстояний, в зависимости от географического положения необходимо из приведенной выше таблицы (стр. 487) отыскать коэффициент прихода-расхода влаги, на который следует помножить найденное по таблице расстояние.

Глубина обычных открытых собирателей — 0,6—0,8 м, ширина по

дну — 0,3—0,4 м. Откосы — в зависимости от грунта (см. главу «Устойчивость»), но так как глубина не велика, то обычно  $m = 0,25$  до 0,75. Кавальеры, если их оставляют или разбрасывают, располагаются только вдоль низовой стороны собирателя.

## § 42. Осушительные системы в хозяйствах для технических культур (льна, рами, конопли и т. п.)

Площади, отводимые под технические культуры, имеют крупнозернистый механический состав почвы и лучшую фильтрацию: осушение их осуществляется в основном обычным дренажем. Дренажи сопрягаются с открытыми транспортирующими собирателями, располагаемыми в данном случае через 200 м. Обработка на легких почвах ведется вдоль собирателей.

В тех случаях, когда указанные хозяйства располагаются на довольно тяжелых глинистых почво-грунтах, избыточно увлажняемых только в периоды паводков, применяются собирательные системы для ускорения поверхностного стока. В целях более быстрого отвода поверхностных вод необходима прежде всего вспашка и другая обработка в направлении наибольшего ската, если величина уклона вдоль него не превосходит примерно 0,01, т. е. не будет происходить эрозии. В противном случае направление обработки несколько отклоняется от нормали к горизонталям.

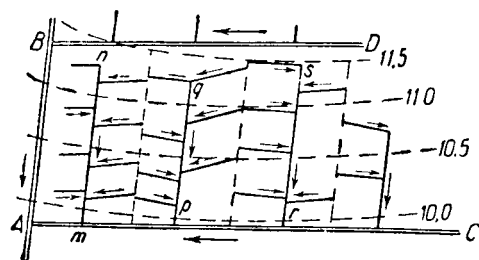


Рис. 224.

Кроме обработки вдоль ската, в результате которой получаются более или менее крупные бороздки, содействующие ускорению стока, для той же цели рекомендуются следующие методы (совместно с продольной обработкой).

1) Выборочное бороздование для озимых посевов\* как временная мера взамен закрытых собирателей — по понижениям и тальвегам (сечения борозд:  $h = 0,4—0,3$  м;  $b = 0,1—0,2$  м и  $B =$  до 0,5 м) — с разброскою грунта по сторонам. Борозды вводятся в лога, овраги, каналы или речки, с достаточным уклоном, предупреждающим застой в них воды. Такая сеть применима только при явно выраженных уклонах. Нарезка борозд после посева озимых — осенью.

2) Если рельеф местности выражен не столь ярко, как в первом случае и если уборка производится комбайном, то можно рекомендовать систему закрытых собирателей, параллельных горизонталям.

Для закрытых собирателей необходима транспортирующая сеть, указанная на рис. 224. Здесь  $AB$  — отрезок магистрального канала, обслуживающего большой участок;  $AC, BD, \dots$  — транспортирующие собиратели, проектируемые под острыми углами к горизонталям. Размеры этих собирателей:  $h =$  от 1,50 до 1,20 м;  $b = 0,5$  м. В собиратели входят коллекторы, в направлении наибольшего ската, исполняемые обычным канавокопателем.

\* На глинистых почвах в районах, где выпадают обильные летние ливни, бороздование и закрытые собиратели уместны и для яровых.

Поперечные разрезы коллекторов:  $h = 1,0-0,8^*$ ,  $b = 0,3$ ;  $B = 0,6$  м.  
 Расстояние между транспортирующими собирателями — 500—1000 м.  
 Расстояния между коллекторами — 150—200 м.

В коллекторы вводятся закрытые собиратели.

Для определения расстояний у закрытых собирателей имеется формула (ВНИИГиМ):

$$S = 0,29 \frac{T J^{0,5}}{n \left( \frac{1}{y^{0,7}} - 1,2 \right)} \text{ м,}$$

где  $T$  — время (в секундах), устанавливаемое для освобождения бороздок; оставляемых после обработки поля от поверхностных вод;

$J$  — уклон борозд или поля по скату;

$n$  — коэффициент шероховатости, определяемый таблицей;

$y$  — глубина борозды к моменту окончания дождя (в метрах).

Расположение закрытых собирателей в основном приурочивается к более или менее ярко выраженным понижениям местности, пересекаемым коллекторами: к тальвегам, задинам и пр.; в среднем расстоянии

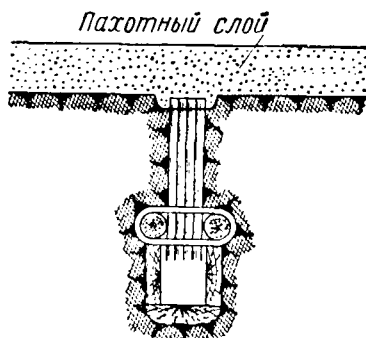


Рис. 225.

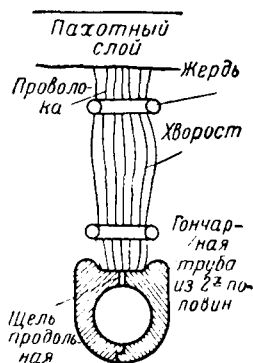


Рис. 226.

между собирателями равно примерно 50 м. Глубина собирателей — в среднем 60—80 см.

Оба указанных способа (выборочное бороздование и закрытые собиратели) имеют наибольшую эффективность для весеннего стока; поэтому борозды и собиратели делаются осенью.

**Конструкция закрытых собирателей.** Одна из конструкций закрытых собирателей указана на рис. 225. В траншею глубиной 0,8—0,6 м закладывается П-образный жолоб из трех пластин (рис. 225) или гончарная труба, отформованная из двух половинок по разъемной вертикальной плоскости (рис. 226). Откосы канала проектируются около  $\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$ . Диаметр трубы (внутренний) — 10—15 см, длина звена — 1 м. Вдоль всей трубы устанавливается вертикально хвостяной мат, туго обвязанный при помощи двух пар жердей, диаметром до 5 см, и оцинкованной проволоки (2 мм). Верхний торец мата еле доходит до подошвы пахотного слоя (20—25 см). Трубы закрытых собирателей входят в открытые кол-

\* В зависимости от глубины закрытых собирателей.

лекторы. Уклон труб  $\leq 0,002$ . Обработка почвы не повреждает таких собирателей.

**Кротование.** Оно ведется в том же направлении и к таким же коллекторам, что и закрытые собиратели.

Расстояния между кротовинами  $\geq 4$  м.

### § 43.осушительные системы в животноводческих хозяйствах, а также под овощные культуры и кормовые корнеплоды

По своей конструкции и расположению осушительные системы в животноводческих хозяйствах зависят от рода осушаемых угодий.

1) Луговые площади осушаются по правилам, указанным в § 41.

2) Выгоны осушаются двояким способом.

а) Выгоны весенние. Прежде всего определяется площадь  $\Omega$  весенних пастбищ:

$$\Omega = T K \text{ м}^2,$$

где  $T$  — число дней выпаса в период, когда грунтовые воды могут быть понижены (на 0,6 см в среднем) одним дренажем;

$K$  — площадь в квадратных метрах, отводимая в один день для выпаса на все поголовье скота.

Обыкновенно весенний выпас в центральных областях начинается с 1 мая и кончается 15 июня, т. е.  $T = 45$  дням. Более точно этот период определяется на основании результатов обработки данных о колебаниях уровня грунтовых вод в аналогичных условиях.

Величина  $K$  назначается агрономами-луговедами или зоотехниками.

Весенние выгоны осушаются гончарным или досчатым дренажем, так как здесь требуется

понижение грунтовых вод в период, когда испарение незначительно.

б) Выгоны летние и осенние осушаются обыкновенными собирательными системами с расчетом на то, что уровень грунтовых вод к моменту начала эксплуатации этих выгонов понизится на требуемую норму (0,7 м) под действием естественных факторов (в основном — за счет испарения).

Для предохранения открытых каналов на пастбищах от затопывания скотом, вдоль их устанавливается изгородь из жердей. Одна из таких конструкций указана на рисунке 227.

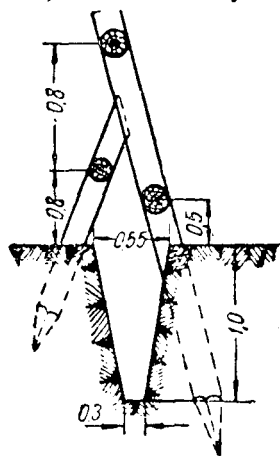


Рис. 227.

### осушение под овощные культуры и кормовые корне-клубнеплоды

Площади под корне- и клубнеплоды осушаются так же, как и площади под технические культуры на почвах с хорошей фильтрацией, т. е. комбинированием открытой транспортирующей сети (магистралей и транспортирующих собирателей) с закрытым дренажем.

## § 44. Конструкция сечений магистральных и других каналов

Поперечное сечение магистральных каналов показано на рис. 228. Здесь *abcd* — кавальер, *de* — берма, *hg* — дно воронки.

Земля, вынутая из канала, складывается в кавальеры по обе стороны или только на одну низовую сторону, как это обязательно для собирателей и нагорных каналов. При устройстве кавальеров с обеих сторон они через каждые 20 м или, лучше, по всем понижениям, пересекаемым каналом, прорезаются канавками-воронками. Воронки имеют ширину 0,4—0,2 м и глубину, считая от поверхности земли, в среднем — 0,2—0,4 м. Во избежание размыва воронки крепятся камнем или дерном.

Ширина берм у каналов проектируется не меньше 1 м, а при глубоких канавах — 2 м. Откосы принимаются в зависимости от рода грунтов.

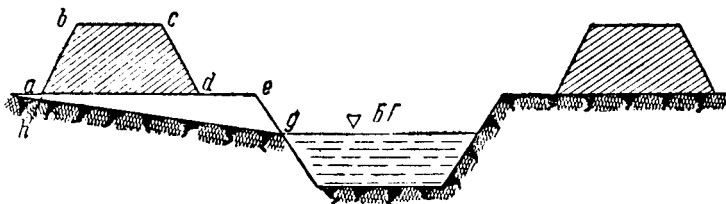


Рис. 228.

Если каналы должны быть узкими, то в том случае, когда дно канала захватывает минеральный грунт, выгоднее делать крепление (см. § 52).

Обычная глубина магистральных каналов для открытой сети — 1,2—1,5 м. Для закрытой сети глубина их делается больше на глубину заполнения при посевном горизонте.

Ширина по дну магистралей определяется гидравлическим расчетом.

Глубина транспортирующих собирателей и коллекторов для открытой сети меньше глубины магистралей на глубину бытового горизонта.

Ширина по дну собирателей (траншей) — 0,3 м при водосборе < 200 га.

## ГЛАВА VIII

### УСТОЙЧИВОСТЬ РУСЛА КАНАЛОВ

#### § 45. Зарастание русла

Зарастание происходит в таких каналах, где явления размыва сведены к минимуму. Зарастание свойственно лишь тем каналам, которые проходят в грунтах, содержащих необходимые элементы пищи растений в доступном для них виде. К таким грунтам, например, относятся низинно-болотный, более или менее разложившийся торф, зернистая пойма; перегнойные почво-грунты и т. д. Наоборот, каналы в почво-грунтах, имеющих в себе закисные соединения (например, виванит, глей и т. д.) или не содержащих в себе достаточного количества зольных веществ, необходимых для жизни растений (например, торф верховых болот, песок и т. д.), не зарастают. Зарастание русла сильно уменьшает пропускную способность канала по следующим причинам:

1) увеличивается шероховатость, а стало быть, уменьшается скорость.

2) уменьшается сечение канала.

## Меры борьбы с зарастанием каналов

1. *Затенение русла.* Оно достигается созданием возможно более крутых откосов и узкого дна, если только допускают грунтовые условия и гидравлические факторы.

Магистральные и другие каналы, ширину которых уменьшить невозможно, затеняются посредством посадки деревьев и кустарников по кавальерам, если таковые не убраны, и по бермам с южной стороны.

2. *Придание каналам пологих (2 : 1 или 3 : 1) откосов* до бытового горизонта и укрепления откосов ниже этого горизонта.

Пологие откосы удобно окашиваются, а укрепление откосов препятствует зарастанию.

## § 46. Оползни откосов и берм канала

При оползнях верхняя часть откоса (и даже берма) оползает в канал, заполняя его собой.

Причины оползней различны. Подавляющее число грунтов, в которых прокладываются осушительные каналы, состоит из более или менее резко обособленных слоев. При этом избыточно увлажненные грунты

обыкновенно имеют верхний слой — монолитный, не деформирующийся от насыщения их водой; нижний же слой в таких условиях является текучим, легко размываемым и требующим более или менее пологих откосов. В других случаях нижний слой грунта, постоянно находящийся ниже бытового горизонта

в канале и насыщенный до полной своей влагоемкости, растекается, образуя очень пологий, до 6 : 1 ( $m$ ), откос. Таким образом, если верхний слой — монолитный, а нижний — текучий и канал режет собой эти два слоя одинаковым откосом (рис. 229), то нижний слой, стремясь занять устойчивое положение, приобретает более пологим откосом, отчасти вытекает из-под монолитного слоя. Последний, оставаясь во взвешенном положении над уширенной таким образом частью дна канала, рушится. Смотря по длине горизонтальной проекции откоса (заложения) текучего грунта, рушится либо часть откоса, либо весь откос с частью бермы.

В случае глубокого канала ( $t > 3$  м), вырытого в глубоком торфе, явление оползней имеет другую причину. После прокопки канала происходит осадка торфа, причем максимальная осадка бывает всегда у бермы и уменьшается по направлению к середине междуканавья. По причине неравномерности осадки получается наклон (до 0,010) как поверхности, так и нижнего слоя, подстилающего верхний. Если поверхность нижнего слоя достаточно влажна, то может произойти сдвиг части верхнего слоя торфа по образованной таким образом наклонной поверхности. Под влиянием горизонтальной слагающей силы веса верхнего слоя последний обрывается и соскальзывает в канал,

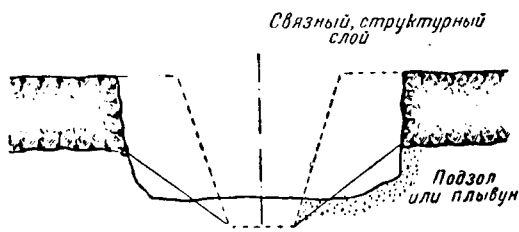


Рис. 229.

## § 47. Размыв русла

Различают размыв связанных монолитных и размыв рушевых \* грунтов. Монолитные грунты при осушении довольно хорошо противостоят размыву. Рушевые же грунты (из того же материала) слабо сопротивляются размывающим скоростям.

Нормативы неразмывающих скоростей даны в таблице критических, неразмывающих грунт, скоростей, см. стр. 531.

### Методы, предупреждающие размыв

1. Придание каналу уклонов, определяющих безопасные скорости для рушеного грунта, в котором вырыт канал. Уклоны уменьшаются посредством изменения трассы канала, если это допустимо по соображениям другого порядка, или же уклон по дну уменьшается искусственно — путем устройства быстротокков или перепадов.

2. Покрытие размываемого слоя в канале одеждой, предупреждающей размыв грунта, в том числе (для глинистых грунтов) слоем крупнозернистого песка, 10—12 см мощностью.

## § 48. Наносы в русло

Наносы в русле отлагаются в тех местах каналов, где внезапно образуется:

- а) резкое уменьшение уклона дна канала,
- б) внезапное увеличение живого сечения,
- в) уменьшение скорости в устьевых частях каналов.

Большая часть твердого расхода или наносов наблюдается в период весенних паводков.

Скорости, при которых происходит отложение наносов, приведены в таблице «Минимальные скорости, при которых оседают взвеси» (см. стр. 532).

### Методы, предупреждающие образование наносов

1. При переходе большего уклона дна канала в меньший (по течению) необходимо требовать, чтобы скорости весенних паводков на участке канала с меньшим уклоном не были близки к тем, которые указаны в таблице на стр. 532. При этом необходимо знать преобладающий механический состав взвешенных веществ.

2. В случае естественного уширения, входящего в состав канала, необходимо, чтобы скорости в уширении не были близки к скоростям, указанным в таблице на стр. 532. В противном случае необходимо ввести сужение расширенной части канала посредством полузапруд, состоящих из двух рядов плетневых заборов, с заполнением промежутка (около 1 м ширины) связным грунтом.

3. Если магистральный канал в весенние паводки имеет большой твердый расход, то боковые каналы, впадающие в него, должны входить в магистраль под углом к течению не более чем в 60°. При впадении каналов под прямым углом неизбежно отложение наносов.

4. Если значительное уменьшение уклона дна канала является неизбежным, то в месте перехода дна на меньший уклон устраивается

\* Под термином «рушевый» понимается здесь грунт, потерявший структуру и лишенный связи между своими частицами.

илоуловитель. Конструкция илоуловителя видна из рис. 230. Ширина илоуловителя ( $b$ ):

$$b = \frac{Q}{v \cdot h} \text{ метров,}$$

где  $Q$  — расход канала в кубических метрах;

$h$  — глубина заполнения (в метрах) участка канала с меньшим уклоном в период весенних паводков;

$v$  — скорость в метрах в секунду, при которой происходит отложение преобладающего состава наносов, определяемая таблицей на стр. 532.

Вертикальная составляющая средней скорости илоуловителя (по проф. М. А. Великанову):

$$U = 0,2 v \text{ м,}$$

где  $U$  — вертикальная составляющая средней скорости.

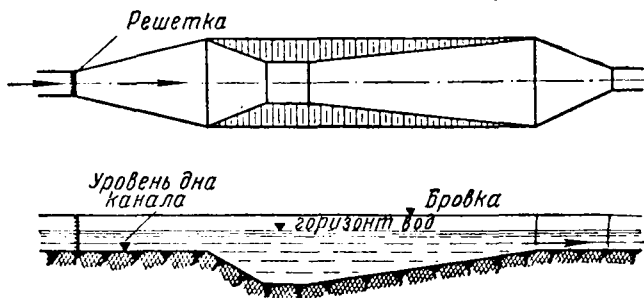


Рис. 230.

Имея в виду весьма незначительные скорости, принимаемые в илоуловителях, считают, что скорости осаждения в них равны скоростям осаждения в стоячей воде:

$$W = \frac{54a^2(\delta - 1)}{\eta} \text{ см/сек. (по Стоксу),}$$

где  $a$  — диаметр наиболее мелких наносов, допускаемых в илоуловитель (в сантиметрах);

$\delta$  — истинный удельный вес наносов;

$\eta$  — вязкость воды ( $\eta \leq 0,01$  с, g, s).

Длина илоуловителя

$$S \geq t \cdot v,$$

где  $v$  — средняя скорость в метрах;

$t$  — время осаждения в секунду (среднее  $t = \frac{H}{W}$ );

$H$  — глубина заполнения.

Ширина илоуловителя берется такая, чтобы средняя скорость не превышала скорости (горизонтальной) осаждения. Переходная часть илоуловителя (к концу) должна иметь угол раствора 20—30°. Как условие правильной работы канала, илоуловитель должен периодически очищаться от наносов искусственным путем. Необходимо, чтобы сечение илоуловителя не изменялось от этих очисток, почему дно и стенки илоуловителя следует укреплять досками или другим материалом.

## Борьба с бузой в канале

**Появление в канале бузы, т. е. коллоидного вещества минерального или органического (из торфа) происхождения.** Содержание коллоидов в торфе зависит от степени разложения торфа и его влажности. Однако коллоидная часть торфа превращается в бузу лишь в том случае, если влажность торфа велика. В болотах озерного происхождения буза заполняет собой все понижения дна болота, не доходя до дневной поверхности болота на 1—3 м.

Основные случаи появления бузы в каналах:

1) если дно канала не доходит до сплошной залежи бузы, что бывает обычно, то растворенные и разжиженные коллоиды в торфе поступают в канал вместе с грунтовой водой;

2) если дно канала режет собой сплошную залежь бузы, то последняя заполняет канал вследствие давления на нее верхнего монолитного слоя торфа.

**Методы борьбы с бузой.** В настоящий период методы борьбы с бузой в каналах не приобрели еще своего окончательного оформления. Некоторую пользу приносят следующие меры:

1) если канал закладывается в монолитном торфяном слое полностью, то для максимального увеличения скорости в паводки необходимо поперечному сечению канала придавать гидравлически наимыгоднейшее сечение;

2) направление канала должно более или менее совпадать с направлением движения весенних вод, если таковые заливают болото; эти две меры обеспечивают наибольшую возможность выноса бузы вешними наиболее обильными водами;

3) для механического извлечения бузы из канала ее прежде всего собирают в определенное место канала деревянной волокушей в виде греугольника в плане. Последнюю тянут по дну канала и сгоняют бузу повторными проходами вниз по течению в водоприемник, если он многоводный и имеет большую скорость. В противном случае буза сгоняется на временно поставленную в канале перемычку и извлекается здесь насосом или другими приспособлениями.

## § 49. Осадка торфов

Осадка торфа происходит от того, что торф сокращается вследствие удаления воды из его массива. Осадка торфа зависит от степени содержания в нем воды и разложения; она уменьшается по мере углубления данного слоя торфа от поверхности. Наиболее глубокие пласты сфагнового торфа, обыкновенно и наиболее разложившиеся, содержат в себе наименьшее количество воды, почему испытывают наименьшую осадку.

Совершенно неразложившийся торф («очес») обладает огромной влагоемкостью (он, как известно, поглощает воды до 2 000% от абсолютно сухого вещества) и в то же время не имеет способности прочно удерживать воду; вот почему при глубоком осушении этот торф претерпевает весьма большую осадку, доходящую до 70% первоначальной его толщины.

Таким образом, осадка торфяного слоя почти полностью зависит от того количества воды, которое теряет залежь вследствие осушки. Известно, что отдача воды торфяной залежью происходит далеко неравномерно. Вблизи канала уровень грунтовых вод понижается значительно более, чем на середине между каналами, особенно при экстенсивной осушке. Поэтому осадка возле канала достигает наибольшей своей величины. По мере удаления от канала осадка постепенно сводится

на-нет. Исследования, произведенные в этом отношении кабинетом осушения ВНИИГим, показывают, что при осушке каналами с понижением бытового уровня грунтовой воды до 1 м осадка от канала распространяется до 100 м и более в сторону от канала (при равномерной осушке).

Другие исследования того же института, произведенные во многих местах, показывают, что осадка залежи возле бровок в большинстве торфов зависит от глубины канала. Это ясно видно из приводимой здесь (рис. 231) диаграммы (приближенная зависимость осадки от мощности торфа и глубины канала).

По вертикальной оси этой диаграммы отложена мощность залежи до осушки; по горизонтальной оси — процент осадки. Под последним понимается отношение (в процентах) абсолютной величины  $A$  осадки, отнесенной к мощности залежи  $B$  до осушения, т. е.

$$\text{процент осадки} = \left( \frac{A}{B} \cdot 100 \right).$$

Каждая из кривых на диаграмме ( $t = 1,00$ ,  $t = 1,25$  и т. д.) относится к соответствующей глубине канала. Кривые эти найдены для водораздельных торфов, довольно плотных болот и для таких же низинных болот.

Из рассмотрения этих кривых следует, что осадка быстро возрастает, как только дно канала приближается к минеральному дну болота.

Некоторое увеличение процента осадки для мощности залежи, равной около 5 м, объясняется, вероятно, местными условиями болота (осадка для этой мощности была определена единственно для Берендеева болота).

Помимо указанных типов осадки, существует еще третий тип — осадка под влиянием испарения; особенно рельефно сказывается она на неокультивированных болотах, осушенных и неосушенных. Так как испарение распространяется равномерно по всей площади болота (наблюдения на Оршинской даче) независимо от расстояния между каналами, то осадка от испарения происходит тоже равномерно. Такого рода осадка, как зависящая от климата, приобретает положительное или отрицательное значение в зависимости от величины испарения. Следовательно, подобная осадка есть явление временное.

Наконец, постоянная и равномерно распределяющаяся осадка поверхности болота имеет место вследствие разложения торфа от агрикультурных приемов и от его обработки. В этом случае торф претерпевает известную степень разложения вследствие жизнедеятельности бактерий. Особенно сильно эта осадка увеличивается от известкования болота.

Осадка от осушения достигает наибольшей величины в продолжение первых четырех лет; максимальная же ее интенсивность проявляется в первые два месяца после прокопки канала.

В случае глубокой осушки болот с плавающим растительным ковром или болот с неплотным торфом осадка достигает, как уже сказано, весьма больших размеров. В таких случаях дневная поверхность болота приобретает рельеф, почти аналогичный рельефу минерального дна болота.

В осушительном деле с осадкой необходимо считаться по следующим причинам:

- 1) осадка часто производит резкую деформацию каналов;
- 2) осадка увеличивает резкость выражения рельефа: до осадки болота имеют большей частью небольшие уклоны, после осадки уклоны к каналам резко увеличиваются;
- 3) осадка может изменить уклон дна канала,

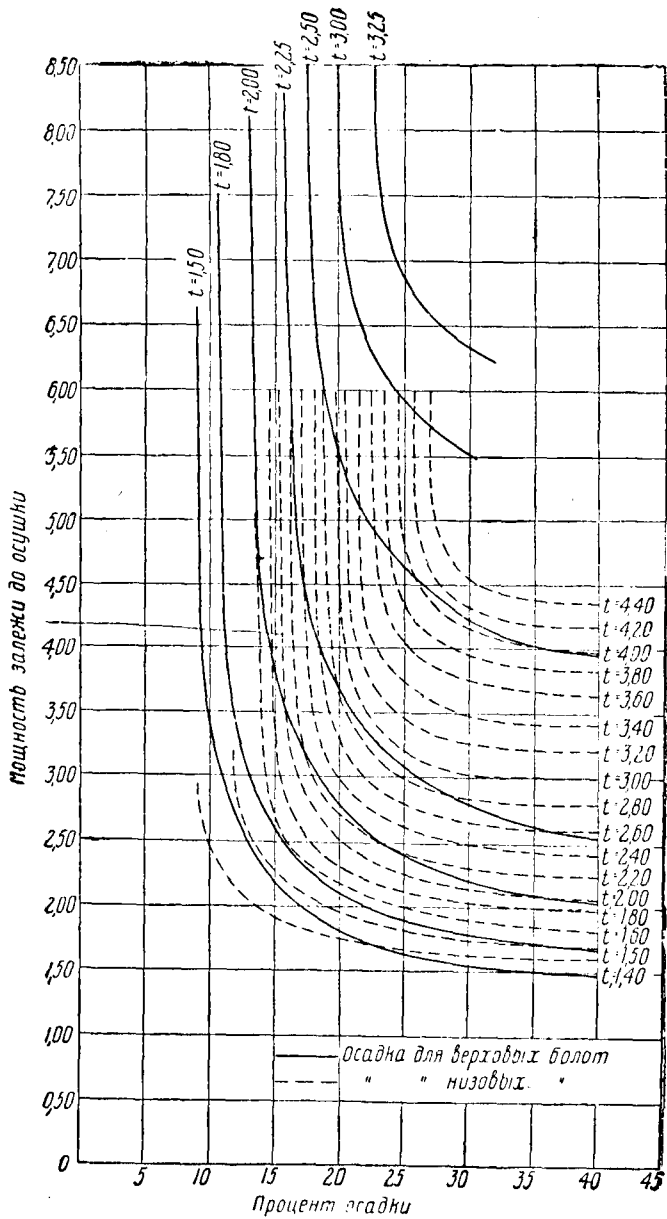


Рис. 231.

**Величина осадки.** Величина осадки торфа под влиянием осушения определяется по формулам ВНИИГим:

для низинных болот:

$$h_0 = 0,18KN^{0,35}t^{0,64};$$

для верховых болот:

$$h_0 = 0,16KN^{0,59}t^{0,63},$$

где  $h_0$  — осадка торфа в метрах;

$K$  — коэффициент, зависящий от плотности торфа и определяемый по таблице (см. ниже);

$N$  — мощность слоя торфа до осадки в метрах;

$t$  — глубина канала в метрах.

Таблица значений коэффициента  $K$  в формулах ВНИИГим

Плотность торфа	Значение $K$	Плотность торфа	Значение $K$
Плотный . . . . .	1,00	Рыхлый . . . . .	2,74
Менее плотный . . . . .	1,40	Почти плавучий . . . . .	3,84
Довольно рыхлый . . . . .	1,96	Плавучий . . . . .	5,38

Осадку плавучих торфов определяется в зависимости от мощности слоя воды, на котором залегает торф.

Приведем таблицу Гергардта осадки торфа, которая в настоящее время еще не потеряла своего значения (ввиду отсутствия у нас достаточного количества данных).

Величина осадки (в метрах)

Мощность торфа (в метрах)	Степень плотности							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Плотная . . . . .	0,15	0,24	—	—	—	—	—	—
Довольно плотная . . . . .	0,20	0,32	0,42	0,50	—	—	—	—
Довольно рыхлая . . . . .	0,26	0,42	0,56	0,68	0,78	0,87	—	—
Рыхлая . . . . .	0,35	0,59	0,75	0,92	1,07	1,20	1,30	—
Почти плавучая . . . . .	—	0,80	1,04	1,26	1,46	1,65	1,83	2,00
Плавучая . . . . .	—	—	1,65	2,10	2,50	2,85	3,15	3,40

## § 50. Форма и заложение откосов в однородном грунте

Каждый слой однородного грунта при определенном состоянии влажности и глубине выемки требует для своего статического равновесия определенного заложения откоса.

Следующая таблица показывает углы наклонов, или заложения откосов, в зависимости от качества грунта и глубины выемки,

**Углы наклона и заложения откосов в зависимости от грунта  
и глубины выемки**

Название грунта	Преобладающий механический состав (диаметр почвенных частиц в миллиметрах)	Состояние грунта	Глубина выемки (в метрах)	Угол откоса	Заложение откоса м
Глина . . . . .	0,01	Мокрый	до 2	10°40'	5
		»	» 4	10°20'	5 1/2
		»	» 6	10°	5 1/2
		Влажный	» 2	29°40'	1 1/2
		»	» 4	20°	2
		»	» 6	25°40'	2
Растительная земля . . .	Комковатое строение	»	» 2	15°50'	3 1/2
		»	» 4	14°	4
		»	» 6	13°40'	4
		Сухой	» 2	38°40'	1 1/2
		»	» 4	38°40'	1 1/2
		»	» 6	37°	1 1/2
Песок крупный . . . . .	0,50—0,25	Влажный	» 2	21°40'	2 1/2
		»	» 4	20°	2 1/2
		»	» 6	18°40'	3
		Сухой	» 2	29°40'	1 1/2
		»	» 4	26°	2
		»	» 6	25°30'	2
Глей . . . . .	—	Мокрый	» 1	10°40'	5
		Сухой	» 2	90°	0
Лёсс болотный . . . . .	0,25—0,03	Мокрый	» 2	10°40'	5
		Сухой	» 2	90°	0
		»	» 4	90°	0
Песок пылеватый . . . . .	0,05—0,01	Мокрый	» 2	18°	3
		Сухой	» 2	33°40'	1 1/2
		»	» 4	29°40'	1 1/2
Торф сфагновый молодой	—	Сырой	» 2	45°	1
		Сухой	» 2	63°	1 1/2
		»	—	45°	1
		»	—	63°	1 1/2
		»	—	33°40'	1 1/2
» ольшаниковый . . .	—	—	—	63°	1 1/2

**§ 51. Основные условия статической устойчивости откосов в каналах**

1. Для устойчивости откоса необходимо, чтобы он имел под собой прочное основание. При этом безразлично, какого рода основание будет под откосом; например, плитняк или текучий грунт, но прочно подпертый со всех сторон, одинаково предупреждают оползание откоса.

2. Для устойчивости любого откоса в канале необходимо, чтобы заложение откоса каждого слоя грунта, рассекаемого каналом, соответствовало указанному в таблице (см. табл. на этой странице выше) заложению или же было бы более его,

Согласно второму условию, если канал, например, пересекает собой три слоя грунта, разного по качеству, то теоретически устойчивый откос всего канала должен принять полигональную форму. Ввиду того, что строительство каналов такой формы (особенно небольших) связано с неудобствами, каналам обычно придают криволинейный откос, вписывающийся в ломаную линию полигонального откоса.

В других случаях для более крупных каналов вполне приемлемо полигональное, а также параболическое сечение (парабола, вписанная в ломаную линию).

**Рациональные формы откосов каналов без креплений.** Построение откосов рациональных форм должно основываться на условиях устойчивости откосов, указанных выше. Откосы без креплений в каналах могут допускаться лишь в тех случаях, если слой грунта, находящийся в пределах слоя воды в канале при бытовом горизонте, достаточно прочен и не растекается.

Обыкновенно в осушительной практике слои грунтов, занимающие более глубокое положение, требуют более пологих откосов, почему форма каналов часто имеет вид, сходный с формой, указанной на рис. 210.

## § 52. Конструкция русла каналов с применением креплений

Значительное большинство креплений откосов сводится к укреплению их основания из текучего грунта. Исключение из этого правила составляют лишь те случаи, когда некоторые из слоев грунта, прорезанного каналом, легко размываются. Только в этих случаях рационально применять одежды разных конструкций (бетонные, хворостяные и пр.). Конструкции креплений оснований откосов зависят от мощности текучего слоя грунта в канале (высота креплений равна мощности текучего слоя) и глубины заполнения канала в период весенних паводков.

На только что изложенных основаниях и построены нижеследующие конструкции креплений для основных типичных случаев. При этом принято, что текучий грунт обладает свойством медленно стекать, что дает возможность держать его без креплений 1— $\frac{1}{2}$  дня. Обыкновенно это и наблюдается в большинстве случаев.

1. *Крепления для случаев, когда текучий грунт режется каналом не более чем на 0,8 м, — на глубину, приблизительно равную заполнению при бытовом горизонте.* Конструкция креплений указана на рис. 232. На расстоянии (в свету), несколько большем ширины канала, по дну забиваются два ряда свай ( $d$  = около 15 см). Расстояния между сваями каждого ряда назначаются в 1—3 м. Сваи каждого ряда забиваются в точности одна против другой. Глубина забивки свай от дна канала — не менее 1 м (для Центральной зоны). Для Севера глубина забивки должна быть значительно больше (до 2 м). За сваи закладываются горизонтально жерди так, чтобы стыки жердей ложились вперевязку и чтобы нижний венец жердей был втоплен ниже дна канала. Жерди прокладываются для непроницаемости мхом. Каждая пара противоположных стоек расширяется распоркой, которая заглубляется в дно канала. Высота креплений должна несколько превышать бытовой уровень. После забивки земли за жерди спланировывают берму. Последняя покрывается дерном.

2. *Крепления в случаях, когда текучий грунт режется каналом на большую мощность и когда весенний паводковый горизонт не превышает слоя текучего грунта.* Крепления для этих случаев отличаются от предыдущего лишь высотой, соответствующей более мощному текучему слою, и тем, что верхние головки каждой пары свай также имеют рас-

порку. Последняя обязательно должна быть поставлена выше весеннего горизонта воды в канале.

3. Крепления для тех же случаев, но для лежащего неглубоко слоя, недоступного для свай; весенний горизонт превышает высоту креплений. В таких случаях верхнюю распорку между сваями ставить недопустимо, почему конструкция приобретает вид, указанный на рис. 233. Через 2—3 м по оси канала и перпендикулярно к ней в вырытую (в ширину застуна) узкую траншею укладывается горизонтальный лежень. До укладки лежня к нему пригоняются (шипом «ласточкин хвост») укосины по наклону откосов канала. Концы укосин соединяются тягами из дерева или проволоки с концами лежня. После установки на место за укосины закладываются, как это было описано в случае первом, заборник из жердей и земля; затем устраиваются те же одернованные бермы.

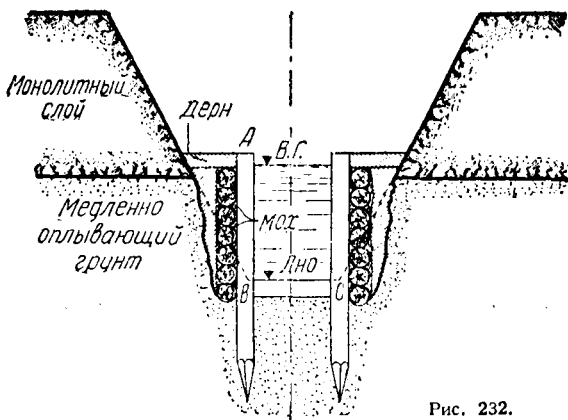


Рис. 232.

4. Крепление широких каналов с плавучим грунтом, заполняющим канал в нижней его части. Вдоль каждого борта канала устанавливаются двойной ряд плетневых или из накатки заборов (рис. 234). Для противодействия горизонтальному раскосу земли устраивают между вертикальными сваями раскосы, как указано на рис. 234 (раскосы ВА). Нижний конец раскоса упирается в торец кола, забитого рядом со свай

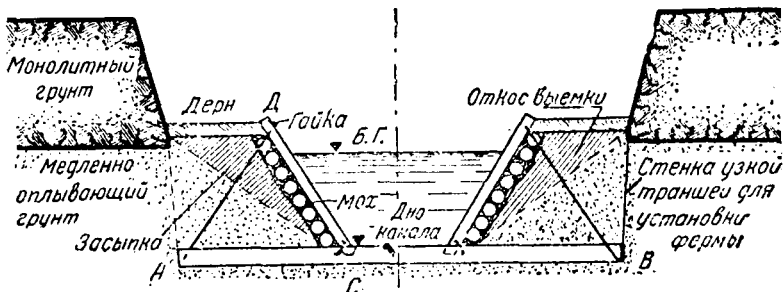


Рис. 233.

и заподлицо с дном канала. Верхний конец того же раскоса пришивается гвоздями с врубкой в вертикальную сваю. За полученный таким образом двойной забор забивают грунт, не растекающийся от насыщения водой. Сверху грунт планируется и покрывается дерном.

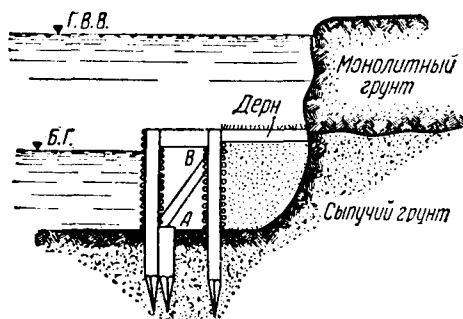


Рис. 234.

Однако широкие ( $>20$  м) каналы позволяют придать им полуэллиптическое сечение с пологими ( $>1:6$ ) средними откосами ниже бытового горизонта. Такая форма нередко позволяет избежать креплений.

5. Придание устойчивости широким каналам в пльзучих и размываемых грунтах, заполняющих канал в нижней его части. Ввиду большой ширины каналов можно дать внизу канала естественное заложение откосов пльзучей части грунта;

это заложение обыкновенно находится в пределах от 3 : 1 до 10 : 1. В результате получается устойчивый профиль канала, но лишь при небольших скоростях воды. Так как по условию грунт легко размываем, то для предохранения от размыва его покрывают 10—20-сантиметровым слоем хорошего балластного песка — в пределах смачиваемого периметра при бытовом горизонте.

### Основные уравнения для расчета крепления в каналах

При существовании двух слоев грунта горизонтальное давление  $E$  (в килограммах) на подпорную стенку (представленную в виде крепления основания откоса) выражается формулой:

$$E = \frac{1}{2} \Delta h \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right),$$

где  $\Delta$  — вес 1 кубического метра нижнего слоя грунта в килограммах;

$h$  — мощность нижнего слоя грунта в метрах;

$\varphi$  — угол трения, приблизительно равный углу естественного откоса (см. таблицу на стр. 545).

1. Крепление при пересечении каналом текучего грунта на небольшую глубину (рис. 235). При

существовании по дну распорки  $AB$  между сваями можно написать:

$$E_n l_n = E_0 l_0;$$

при коэффициенте безопасности  $K = 1,5$ :

$$E_0 l_0 = 1,5 E_n l_n,$$

где  $E_n$  определяется вышеприведенным уравнением;

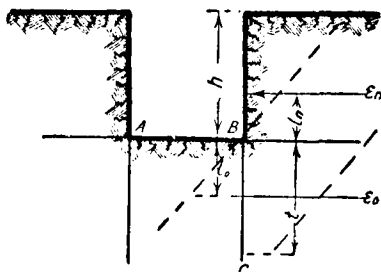


Рис. 235.

$$l_n = \frac{h}{3};$$

$l_0$  — моментное плечо силы  $E_0 = \frac{\text{глубине забивки сваи}}{2}$ ;

$E_0$  — сопротивление грунта, приблизительно равное произведению вертикальной проекции отрезка сваи  $BC$  на допустимое давление грунта (для текучего грунта можно принять равным  $1 \text{ кг/см}^2$ ).

II. Крепление для тех же условий, что и для случая I, но текучий слой грунта имеет большую мощность и горизонт воды в канале превышает своей отметкой зону креплений (рис. 236). Горизонтальный распор  $E_n$  определяется по вышеприведенному уравнению.

При высоте крепления  $h$  точка приложения горизонтального распора лежит на высоте от дна, равной  $\frac{1}{3} h$ .

Уравнение прочности для сечения А-нетто лежа, проходящего через гнездо шипа стойки АС, выражается так:

$$E_n l_n = W \cdot k_b,$$

где  $W$  — момент сопротивления сечения в кубических сантиметрах;

$k_b$  — допустимое напряжение на изгиб в килограммах на  $1 \text{ см}^2$ .

Из этого уравнения определяется

$W$  и, стало быть, размеры сечения стойки АС. Для определения силы, растягивающей тягу  $DC$  (рис. 236), сначала выясняют величину горизонтальной слагающей  $C$  от распора в узле  $C$  по уравнению:

$$NC \cdot h = E_n \cdot l_n,$$

где  $h$  — высота креплений.

Силу  $KC$ , растягивающую тягу  $CD$ , можно определить графически или же по уравнению:

$$\frac{NC}{\sin 60^\circ} = \frac{KC}{\sin 60^\circ}; \quad KC = NC.$$

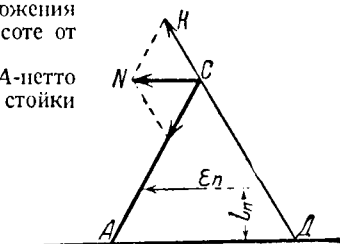


Рис. 236.

## ГЛАВА IX

### ОСУШЕНИЕ ДЛЯ ТОРФОДОБЫЧИ

#### § 53. Предварительная осушка залежи

Предварительная осушка залежи имеет целью: 1) уплотнить верхний слой залежи; 2) добиться устойчивого состояния верхнего слоя залежи при выемках; 3) создать условия для возможности производства подготовительных работ на поверхности залежей — плитовки, корчевки и т. д.

Предварительную осушку целесообразнее производить не менее чем за 3—4 года до начала добычи торфа. При этом сборные и валовые каналы проектируются на глубину не более 2 м (до первого более или менее плотного слоя). В состав сети предварительной осушки входят все элементы осушительной сети, запроектированные для торфодобычи, за исключением картовой сети и вообще сети детальной осушки.

Однако каналы предварительной осушки имеют глубину 1—1,5 м, тогда как каналы для осушки залежи делаются гораздо глубже.

## § 51. Схема осушительной сети для торфодобычи

Сеть для осушения залежи состоит из: 1) сборного канала, впадающего в водоприемник; 2) валовых каналов, поступающих в сборный канал; 3) картовых и сезонных канав.

Картовые и валовые каналы трассируются в зависимости от способа добычи торфа. В настоящее время картовые каналы часто заменяются так называемыми сезонными. Сезонными называются каналы глубиной не менее 1,5 м, шириною дна 0,3 м, располагаемые параллельно валовым каналам. Расстояния между такими параллельными каналами проектируются в 60—80 м.

## § 55. Выбор водоприемника

Под торфодобычу часто отводятся водораздельные болота. Из таких болот обычно вытекает несколько речек. Ввиду того что все они нуждаются в урегулировании, то в качестве водоприемника выбирают лишь одну-две речки (если две, то с противоположных краев болота). Речка, принимаемая за водоприемник, должна вытекать из наиболее пониженных мест минерального дна торфяника и иметь минимальную длину, требующую регулирования.

## § 56. Сборные и валовые каналы

Сборные каналы прокладываются по наиболее низким местам минерального дна болота и сопрягаются с выбранными водоприемниками. Число сборных каналов зависит от числа водоприемников и тальвегов дна болота. В сборный канал входят валовые.

Сборные каналы должны иметь такую глубину, чтобы обеспечить самотечный сброс вод из наиболее глубоких карьеров (донная осушка).

Сборные каналы, в основном доходящие своим дном до минерального дна тальвега, не только транспортируют воду, но имеют и большое осушительное значение. Поэтому такие каналы желательнее проводить в первую очередь. Этим достигается вполне удовлетворительная осушка полосы болота шириною по крайней мере до 0,5—1 км в каждую сторону от канала.

Валовые каналы в торфодобыче исполняют функции магистральных каналов, т. е. отводят воду, поступающую из картовых каналов и карьеров. Валовые каналы трассируются предпочтительно по наибольшему скату поверхности, т. е. по нормали к горизонталям. Уклон минерального дна залежи обязательно должен совпадать с уклоном дна валовых каналов. Расстояние между валовыми каналами, которые необходимо трассировать взаимно параллельными, для разных методов торфодобычи следующее:

*Расстояния между валовыми каналами для разных методов торфодобычи*

Для какого способа добычи проводится осушка	Расстояние между каналами (в метрах)
Для машинно-формовочного (элеваторного) . . . . .	1 000
Для фрезерного . . . . .	700—350
Для гидроторфа (поля добычи) и гидроскреперного . . . . .	600
Для гидроторфа (поля разлива) . . . . .	600
» баггерного . . . . .	550—650

Однако эти расстояния в зависимости от технологического процесса добычи иногда несколько изменяются.

## § 57. Системы для осушки залежи

Системы осушки залежи отчасти зависят от способа торфодобычи.

а) *Осушка для машинно-формовочного способа.* Залежь покрывается равномерно распределенными параллельными валовыми каналами. Первоначальная глубина каналов — 1,75 м; по выработке карьеров дно каналов доводится до преобладающей отметки минерального дна залежи. Валовые каналы впадают в сборный; расстояние между ними — до 1 000 м. Картовые каналы входят в валовые, нормально к ним. Глубина картовых каналов — 0,7—1 м; ширина дна — 0,2—0,3 м; откосы —  $\frac{1}{4}$ . Расстояние между картовыми каналами: для верховых болот — в среднем 40 м, для низовых — 70 м.

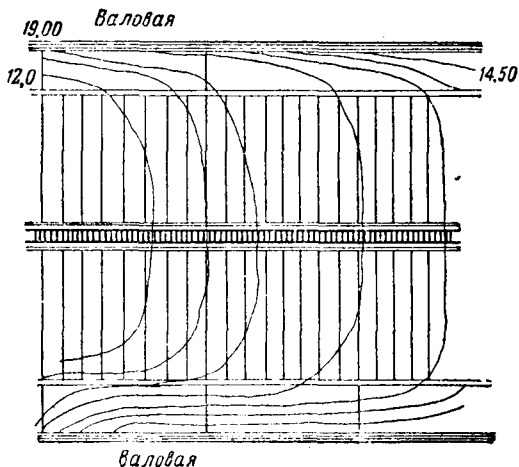


Рис. 237.

Картовые каналы не доводятся до середины между валовыми; по этой причине остается полоса для железнодорожного пути, которая окаймляется с обеих сторон кюветами, соединяющимися с головными частями картовых каналов (рис. 237).

Полосы шириною до 100 м, прилегающие к валовым каналам, картовыми канавами не покрываются, как находящиеся под влиянием валовых канав. Осушка полей стилики и осушка полей добычи при машинно-формовочном способе производится картовыми канавами.

б) При осушке полей добычи гидроторфа или для гидроскреперного способа валовые каналы должны быть между собой параллельны. Расстояние между валовыми каналами кратно ширине хода кранов:

Для стандартных кранов . . . . .	расстояние 125 м;
» нестандартных » . . . . .	расстояние 250—200 м.

Направление валовых каналов желательно давать нормально к горизонталям. Однако это направление большей частью согласовывается с наиболее вытянутой стороной прямоугольного участка, запроектированного под торфодобычу. Пересечение этих участков каналами под углами, не кратными  $90^\circ$  к ходу кранов, не допускается. Поэтому все другие направления каналов комбинируются (рис. 238) из отрезков, проводимых под углом  $90^\circ$ , подобно тому, как косое направление *ak* заменено ломаной линией *abcdk*.

Глубина валовых каналов . . . . .	1,75 м,
» картовых каналов . . . . .	1,20 м,
Откосы этих каналов . . . . .	от $\frac{1}{2}$ до $\frac{1}{4}$ .

В последнее время есть тенденции не покрывать поля добычи картовыми каналами, а вместо них проводить параллельно валовым дополнительно сезонные каналы, примерно через 80—60 м. Поэтому каждая полоса полей добычи гидроторфа между валовыми каналами режется вдоль сезонных каналов; последние в период разработки залежи являются обводнительными каналами, располагаемыми в 60—80 м от валовых. Таким образом, обычная картовая сеть в данных случаях неприемлема.

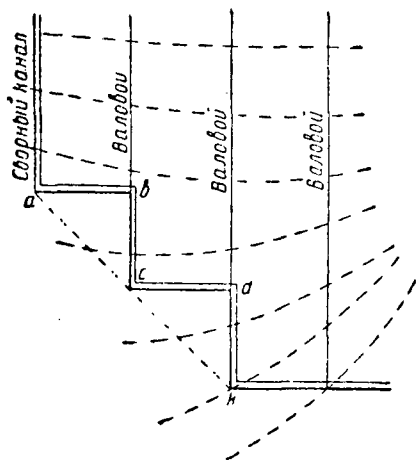


Рис. 238.

### § 58. Осушка полей разлива гидроторфа

Независимо от требований, предъявляемых к положению полей со стороны техники торфодобычи, эти поля для наиболее совершенной их работы должны располагаться на следующих угодиях:

- 1) на минеральных, преимущественно песчаных или супесчаных почвах;
- 2) на низинных болотах с минимальным слоем очеса и вообще торфа;
- 3) на верховых или переходных болотах с мощностью торфа до 2 м.

Площади полей разлива не должны затопляться весенними или летними паводками.

Осушка полей разлива производится посредством валовых каналов глубиной около 1,75 м.

Расстояния между валовыми каналами должны быть кратны ширине полосы разработки применяемых агрегатов. Обычно эта ширина равняется 600 м.

Направление валовых каналов — по наибольшему скату местности и параллельно главному массопроводу. Длина валовых каналов безразлична.

В направлении, перпендикулярном к валовым каналам, прокапываются картовые каналы глубиной 1 м. Расстояние между картовыми каналами — от 25 до 40 м, смотря по проницаемости грунта; это расстояние определяется расчетом на основании данных о величине коэффициента фильтрации и величины слоя гидромассы (по формуле, помещенной в следующем параграфе).

### § 59. Осушение для добычи торфа по фрезерному способу

Схема расположения осушительных систем при фрезерном способе добычи заключается в следующем.

По наибольшему скату как дневной, так и донной поверхности прокладываются по всему участку добычи ряд параллельных между собой валовых каналов.

Расстояния между валовыми каналами — 500 м; каналы входят в общий сборный канал.

По направлению, перпендикулярному к валовым, проводятся картовые каналы.

Расстояние между каналами исчисляется по формуле:

$$\Sigma = 2\sqrt{\frac{k}{q}(y^2 - h^2)},$$

где  $\Sigma$  — расстояние между картовыми каналами в метрах;

$k$  — коэффициент фильтрации грунта в метрах в секунду. У торфа (сфагнового и гипно-осокового) коэффициент фильтрации приблизительно равен для средней степени разложения 0,0000л, а для малой степени разложения — 0,000л м/сек. (здесь л — цифра от 1 до 9); для других грунтов коэффициент фильтрации см. в т. II «Справочника» (стр. 468);

$q$  — количество воды, выпадающей в виде осадков в кубических метрах в секунду, с 1 кв. м поверхности (обычно количество осадков принимается равным 1 мм в 1 час);

$h$  — глубина заполнения в метрах, обычно принимаемая в 0,1 м;

$y = H_1 - H_2$ , где  $H_1$  — глубина картового канала в метрах;  $H_2$  — норма осушения, которую для фрезерного способа можно принять не менее 0,25 м, при условии углубления картовых каналов за каждый сезон на глубину выработки торфа с поверхности.

Так как частое расположение картовых каналов понижает производительность фрезерных и уборочных машин, то открытые картовые каналы рациональнее заменять дренами Бутца или узкими щелями трапециoidalного сечения\*, входящими в открытые валовые каналы.

Как открытые картовые каналы, так и дренаи должны иметь уклон дна в оба смежных валовых канала; таким образом, длина их будет равна половине расстояния между валовыми каналами, т. е.  $500 : 2 = 250$  м.

## § 60. Расстояния между картовыми каналами при различных способах добычи

Здесь можно привести лишь средние нормы расстояний между картовыми каналами, рассматривая их как осушители.

Особо большого значения картовым каналам на полях добычи придавать не следует.

Главное в осушении торфяников — это глубокие донные каналы и содержание их вне подпора от водоприемника.

В полосе шириною до 300 м, прилегающей к донному каналу, картовые каналы бесполезны.

При расположении картовых каналов вдоль горизонталей поверхности, при уклоне последней 0,001, расстояния между каналами обычно выбираются такими (для центральных областей) (в метрах):

\* Глубина таких щелей — 80 см, ширина по дну  $\approx$  20 см, ширина по верху = 0. Щели выполняются машиной ВИМТ.

## I. Машинно-формовочный способ:

низинные болота . . . . .	70
верховые » . . . . .	40

## II. Поля разлива гидроторфа:

низинные болота . . . . .	42
верховые » . . . . .	30
глинистый грунт . . . . .	20
супесь . . . . .	35

## III. Фрезерный способ для каналов глубиной 1 м:

низинные болота . . . . .	42
верховые » . . . . .	26

При расположении дрен вдоль горизонталей и уклонах поверхности больше 0,001 на каждые 0,0002 уклона прибавляется расстояние 4 м. При уклонах меньше 0,001 на каждые 0,0002 уменьшения уклона расстояние между каналами уменьшается против приведенных норм на 4 м.

Более рациональным является определение расстояний между картовыми каналами в зависимости от слоя воды и коэффициента фильтрации, например, по формуле, приведенной в предыдущем параграфе.

# ГЛАВА X ОСУШЕНИЕ ПРИ ПУТЯХ СООБЩЕНИЯ И НА АЭРОДРОМАХ

## § 61. Осушка полосы под насыпь

Дорожная полоса должна быть перед устройством насыпи осушена с целью:

- 1) предупредить расползание и осадку насыпи.
- 2) парализовать возможность скольжения насыпи, если она закладывается на склоне,
- 3) предупредить другие деформации земляного полотна (например, пучины).

В зависимости от причин образования избыточной влажности полосы (застой поверхностных вод и близкое стояние грунтовых вод) осушка ее производится следующим образом.

При застое поверхностных вод по обеим границам полосы отчуждения трансируются каналы. Каналы должны иметь уклон от водораздела в ближайший тальвег или водоток, пересекаемый дорожной насыпью. Глубину каналов желательно доводить до ближайшего водонепроницаемого горизонта почво-грунта (например, уплотненного, оглеенного горизонта). Во всяком случае эта глубина не должна быть менее 1,2 м. Для лучшего и быстреешего осушения полосы под насыпь закладываются траншеи глубиной 0,8 м в поперечном направлении к каналам по уклону местности. Траншеи засыпаются фильтрующим материалом: щебнем, гравием или песком. Уклон дна траншей — не менее 0,001. Расстояние между траншеями 20—50 м.

В том случае, когда полоса под насыпь расположена в сфере выклинивания грунтовых вод, необходимо заложение каптажных сооружений, перехватывающих (с нагорной стороны) выклинивающийся водоносный слой. В случае неглубокого залегания водоносных слоев небольшой мощности проектируются ловчие каналы вдоль полосы отчуждения.

В случае более глубокого залегания водоносного слоя или его большей мощности проектируются глубокие дренажи и даже штольни.

## § 62. Осушение выемок

1. *Выемка пересекает длинный и сухой склон.* В этом случае с нагорной стороны делается нагорный канал. Расстояние верхнего ребра (бровки) канала от ребра выемки — не менее 10 м. Кавальеры или отвозятся, или укладываются на подгорной стороне канала слоем не выше 1 м, с банкетом. Размеры канала определяются гидравлически; во всяком случае сечение канала должно иметь площадь не менее  $1,0 \times 0,4$  м; уклон канала — не менее 0,005; канал приблизительно параллелен границе полосы отчуждения.

2. *Выемка пересекает склон с близким стоянием грунтовых вод, которые выклиниваются в откосе выемки в виде отдельных потоков небольшой мощности.* В таком случае каждый выклинивающийся поток вскрывается посредством траншей, дно которых должно быть правильно сопряжено с дном дорожного кювета посредством воронки из гравия. На дно траншеи, идущей по возможности вдоль каждого потока, закладываются дренажные трубы (в случае уклона дна около 0,001) или (при больших уклонах) траншея заполняется на 1 м щебнем. Траншея располагается по границе полосы отчуждения.

3. *Выемка глубиной до 5 м пересекает мощный слой грунтовых вод.* На границе полосы отчуждения закладывается дренаж Дегрмона \* (рис. 239). Глубина заложения — не менее 1 м ниже полотна \*\*. Уклон дрен — не менее 0,005, диаметр труб — не менее 0,2 м. Щебень закладывается выше труб слоем во всю мощность водоносного слоя. Дренаж вытягивается в ближайший овраг или кювет. Там, где глубина дренажа менее 1,5 м, он превращается в открытый капал.

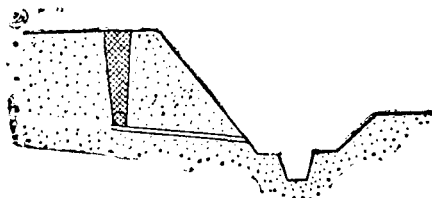


Рис. 239.

4. *Глубокая выемка.* Осушается посредством заложения с верховой стороны штольни, примерно по границе полосы отчуждения.

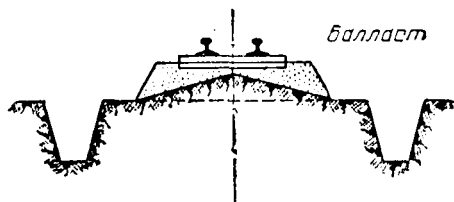


Рис. 240.

## § 63. Осушение насыпей

В предупреждение застаивания атмосферных вод в образующихся балластных корытах поперечное сечение земляного полотна должно иметь вид, указанный на рис. 240.

### А. Меры, предупреждающие застой воды в балластном слое

1) В местах перехода от выемки к насыпи устраивается прорезь — траншея с вертикальными стенками, перпендикулярная к оси насыпи.

\* О дренаже Дегрмона — см. § 64.

\*\* Эффективность дренажа повышается в том случае, если дно дренажной траншеи будет на кровле непроницаемой прослойки грунта.

Ширина прорези — 0,6—0,8 м. Дно прорези врезается в слой естественного грунта на глубину не менее 0,5 м. Прорезь заполняется хорошим балластом. Уклон дна прорези в стороны от насыпи — не менее 0,05; прорезь выводится в канаву.

2) При образовании балластного корыта (от наиболее низких точек его дна) устраиваются прорезы, дно которых закладывается ниже дна балластного корыта. Прорезы выходят в стороны от насыпи.

### Б. Меры, предупреждающие сплыв и размыв откосов

Наклонно по откосу устраиваются борозды с уклоном 0,01—0,02 (рис. 241), глубиной 0,2 м, с откосом  $\frac{1}{4}$ . Расстояния между бороздами — 5—8 м. Борозды заполняются щебнем и начинаются от бровок насыпи. В эти же борозды вводятся и дренажи, отводящие воду из балластного корыта. Все заполнения щебнем траншей должны иметь (по периферии щебня) слой хорошего балластного песка.

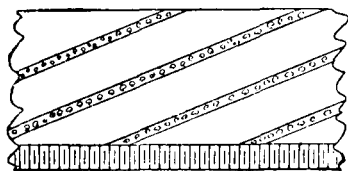


Рис. 241.

## § 64. Конструкция глубоких дренажей

а) Прорезь — представляет собой глубокую траншею и служит для перехватывания потока грунтовых вод. Рытье прорезей производится с солидными креплениями. Траншея заполняется камнем или щебнем; по дну ее укладывается труба. Диаметр трубы — не менее 0,5 м, уклон — 0,001; ширина траншеи по дну — 1 м. Насыпка из щебня и камня заключается в оболочку из хорошего балласта.

б) Дренаж Дегмона (рис. 239), закладываемый на глубину 4—5 м, есть видоизменение глубокого дренажа. На дно траншеи закладываются керамические, дырчатые с муфтами трубы возможно большего диаметра; через 10—20 м трубы имеют тройники, повернутые своими концами кверху. В тройники устанавливаются вертикально такие же трубы. Каждая труба окружается со всех сторон щебнем на 30 см. Стояки распространяются лишь в толще водоносного слоя.

## § 65. Каптажные штольни

Каптажные штольни — подземные галереи для перехвата грунтовых вод, устраиваемые без нарушения целостности лежащего над ним слоя крепления штолен (дерева, а в более солидных сооружениях — бетона). Сечения штолен — большей частью трапециевидные и реже прямоугольные,

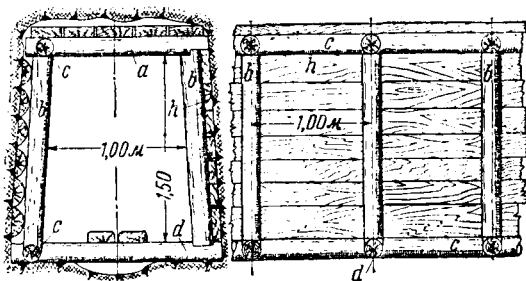


Рис. 242.

Простейшее крепление — рамное (рис. 242), более совершенное (для круглого сечения) — посредством тубингов (рис. 243). Штольни имеют размеры: а) нормальные — 1,5—1,8 м по высоте и б) уменьшенные — 1,2 м высоты. Ширина штолен не менее 1 м. Пол большей частью из пластины; на полу, по нижним углам штольни, пластины заменяются продольными лежнями из бревен. Лежни распираются бревнами через 1 м. В расстоянии 40—80 м по длине штольни в потолке располагаются колодцы, шахтные или буровые, оборудованные фильтрами для осушения вышележащих слоев. Уклоны дна штольни — не менее 0,005 при бетонном лотке, а без него — 0,01. Штольни применяются на косогорах для каптажа потоков грунтовых вод при глубоком их заложении. Для упрощения производства работ штольни желательно приурочивать к подоупору, соединяя их с водоносом трубами.

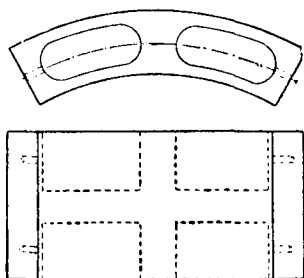


Рис. 243.

## § 66. Борьба с пучинами посредством осушения и нагорные каналы

**Борьба с пучинами.** Пучины в насыпях (верховые) образуются вследствие отсутствия правильного стока с поверхности земляного полотна, особенно если полотно сложено из глинистых грунтов. Чаще всего пучины в насыпях являются результатом образования балластного корыта, а также неудовлетворительного качества балласта. Пучины в выемках определяются недостаточным понижением уровня грунтовых вод в выемках.

Наиболее рациональной мерой борьбы с пучинами в насыпях является отвод воды из балластного корыта и вообще с поверхности земляного полотна, а также замена заиленного балласта более чистым и крупным песком.

Для борьбы с пучинами в выемках необходимо прежде всего осушить дно выемки путем устройства дренажных траншей вместо дорожных кюветов. Глубина траншей — не менее 1,5 м. Часто эти траншеи укрепляются каменными (сухой кладки) или деревянными стенками и остаются открытыми; дно траншей должно иметь уклон не менее 0,002 м. Траншеи выходят в хороший водонриемник, или же дно траншей выводится на нулевую выемку. При двухпутном полотне в каждую из боковых траншей подводится под полотном дренажи из щебня с уклоном 0,01. Расстояние между такими дренажами — не менее 30 м. Дно дрена должно быть выше наивысшего горизонта воды в боковых траншеях. Щебень должен иметь оболочку из крупнозернистого песка, толщиной не менее 0,15 м. Если ближайший водоупор располагается от дна выемки на доступном расстоянии, то дно кюветных траншей для более уверенного осушения доводится до водоупора. В таких случаях поперечные дренажи являются излишними.

**Нагорные каналы.** Задача нагорных канав — предупреждать вторжение поверхностных вод и верховодок в полосу отчуждения. Они устраиваются вдоль полосы отчуждения с нагорной стороны. Глубина канав — около 1,5 м. Необходимо, чтобы дно канавы врезалось в ближайший водоупор. Ширина по дну — не менее 0,5 м, уклон дна — не менее 0,001. Глубина на водораздельной части — не менее 1,3 м. Верхо-

вой откос — 1:1½, вымощивается; низовой — 1:1. При выемках нагорная канава должна отстоять от верхнего ребра не менее как на 10 м; кавальер ее складывается в виде банкета на низовую сторону канала.

## § 67. Осушение под автодорожное полотно

Различают два случая:

1) осушение при высоком уровне грунтовых вод (или почвенных вод) и фильтрующем грунте;

2) осушение глинистого непроницаемого грунта, в котором верховодка появляется во влажные периоды года.

В первом случае при ширине полотна до 10 м необходимы (вдоль полотна) каналы с хорошим уклоном (не менее 0,001) и глубиной не менее 1,5 м.

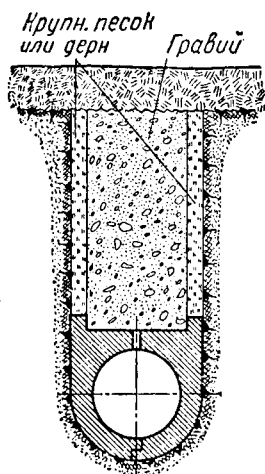


Рис. 244.

Если грунты имеют способность высокого капиллярного поднятия, то перед устройством насыпи расстилается слой хорошего балластного песка, мощностью не менее 0,2 м, под всей насыпью.

Во втором случае выпуклый кюветы, играющие здесь роль нагорных канав, должны иметь дно, доходящее до ближайшего водоупора. При этом (в глинистых грунтах) особенно необходимы:

а) достаточно выпуклый поперечный профиль дороги для быстрого ската воды;

б) плотная непроницаемая одежда в виде асфальтового, битумного или другого покрытия.

Глубина дорожных кюветов — не менее 0,7—1 м.

## § 68. Осушение аэродромов

В зависимости от водного питания существуют два способа осушения.

*Первый способ применяется при более или менее проницаемом грунте и высоком стоянии уровня грунтовых вод.* В этом случае необходим систематический дренаж. Дренаж располагается по общим правилам. Однако здесь обращают внимание на более солидную конструкцию дрен; дрены берутся в виде керамических труб с надевающимися муфтами или с раструбами и мелкими отверстиями по всей их поверхности. Для более совершенного действия дрен они обкладываются со всех сторон хрящем и крупнозернистым песком в виде обратного фильтра — слоями не менее 10 см каждый.

*Второй способ применяется при непроницаемых, временно избыточно увлажненных грунтах с временной верховодкой и глубоким стоянием уровня грунтовых вод.* В этом случае применим метод ускорения поверхностного стока. Для этой цели закладываются закрытые собиратели, состоящие из траншей глубиной до 1 м в направлении поперечного ската местности (по горизонталям). Уклон дна траншей (за счет углубления их) — не менее 0,002; ширина  $\approx$  10 см. На дно закладываются бетонные или гончарные специальной формы (рис. 244) трубы. Вода из дрен собирается посредством коллекторов, направленных по наибольшему

скату. Расстояние между собирателями зависит от уклона поверхности. В среднем оно равно 20 м

По границам аэродрома устраивают нагорные каналы, предупреждающие проникновение на площадь посторонней воды.

Весьма желательно, чтобы обработка (вспахка, боронование, рядовой посев трав) велась в направлении наибольшего стока. Это делается для более совершенного стока поверхностных вод.

## ГЛАВА XI

### УРЕГУЛИРОВАНИЕ РЕК-ВОДОПРИЕМНИКОВ

#### § 69. Общие сведения

Водоприемником может служить всякий водоем или водоток вблизи осушаемой площади, имеющий отметки своего предпосевного (для с.-х. осушения) горизонта ниже этой площади. При сбросе вод с осушительных систем, поступающих в водоприемник, уровень последнего не должен заметно повышаться.

Водоприемниками в осушении большей частью служат небольшие речки.

Водоприемники бывают: а) удовлетворительные — когда уровень предпосевных вод настолько низок, что воды с осушительных систем сбрасываются самотеком; б) неудовлетворительные — тогда сброс в них вод может производиться только с помощью насосных станций.

Неудовлетворительные водоприемники часто можно сделать удовлетворительными посредством их регулирования.

Заболоченные реки-водоприемники в естественном своем состоянии являются большей частью неудовлетворительными водоприемниками и требуют работ по урегулированию.

#### § 70. Типы заболоченных рек-водоприемников и пригодность их для включения в новую трассу

**Категория А.** Речки с заплывшими торфяными берегами, с засоренным бузой руслом; имеют небольшое заполнение и горизонт, близкий к бровкам берегов. Течения воды почти незаметно. Как поверхность воды, так и все русло часто заполнены водной растительностью. Русло часто непостоянно: при каждом сильном паводке река нередко изменяет свое русло. Речки почти всегда имеют более или менее широкую заболоченную пойму, покрытую черной ольхой или ивняком. Пойма трудно проходима. Часто имеют несколько рукавов.

Участки таких речек вследствие небольших и неопределенных поперечных размеров, извилистости русла в плане и его нестойкости (рыхлости грунта) непригодны для включения их в состав новой выправительной трассы; поэтому сьемка их сечений является бесполезной.

**Категория Б.** Речки с наплывными, сильно заросшими травяной растительностью берегами и чистой поймой. Эти речки имеют русло, также засоренное бузой, и такие же неопределенные очертания своих берегов, как и речки категории А. Однако поперечные размеры русла значительно больше, а русло менее извилисто и редко делится на несколько рукавов. Речки этой категории преимущественно располагаются по широким, мало доступным, чистым или с довольно редким ивняковым кустарником зыбким поймам. Иногда мощность очень неплотного, взвешенного в воде торфяного ковра превосходит 4 м. В некоторых случаях по сторонам таких речек наблюдается развитие кочкарников.

Скорость движения воды мало заметна, и речки зарастают водной растительностью.

Узкие участки этих рек также мало пригодны для включения их в состав выправительной трассы. Поэтому съемка их сечений на каждом пункте является обязательной лишь в случае наличия больших поперечных сечений речки.

**Категория В.** Довольно широкие речки в узких поймах. Речки этой категории имеют более или менее прямолинейные, до 50 м ширины, глубокие, в минеральном грунте плесы. Поймы еле превышают ширину речек и покрыты зарослями ольхи или других кустарников. Такие речки непременно включаются в состав новой выправительной трассы реки. Поэтому горизонтальная их съемка и фиксация в последовательном порядке всех сечений речки (по мере изменения их величины) являются обязательными.

**Категория Г.** Узкие речки и ручейки в узких поймах. Торфа почти нет. Русло небольшое, извилистое. Движение воды заметно, имеется довольно большой уклон. Отличаются небольшой длиной. Так как выправительная трасса неизбежно должна проходить по таким участкам, то тщательная горизонтальная съемка и частые поперечные промеры являются обязательными.

**Категория Д.** Такие же узкие ручейки в верховьях рек, текущие по довольно плоским облесенным тальвегам. Русла теряются среди зарослей травы и валежника. Съемке не подлежат, если не говорить об обязательности вертикальной съемки их долины.

**Категория Е.** Широкие реки, свыше 40 м, с ясно выраженным руслом. Текут среди заболоченной поймы, часто среди минеральных прирусловых валов. Глубина рек довольно значительна. Плесы широкие и прямые. Богаты сужениями, меандрами и перекатами. Располагаются в низовьях заболоченных рек. Съемка поперечных сечений в последовательном порядке и съемка плана этих рек обязательны.

**Категория Ж.** Те же реки, что и категории Е; ложе их располагается в аллювиальном минеральном грунте, который часто подстилается торфом. Находятся среди торфянистых заболоченных пойм; тальвеги этих пойм располагаются иногда ниже горизонта межениных вод реки. Необходима горизонтальная съемка и поперечные промеры.

**Категория З.** Реки в песчаных дюнных ландшафтах.

## § 71. Причины неудовлетворительного состояния водоприемников

Методы урегулирования водоприемников находятся в полной зависимости от причин, вызывающих повышенное стояние уровня воды в них. Поэтому при составлении проекта урегулирования водоприемника необходимо выяснить причины, вызывающие повышенное стояние уровня. Основные из этих причин таковы:

I. П о д п о р, который образуют:

- а) плотины разных конструкций и для разных целей;
- б) заколы или язы для рыбной ловли;
- в) высокое стояние воды в нижней части водоприемника или в той реке, в которую он впадает;
- г) уменьшение поперечных сечений реки вследствие обвалов, зарослей, наносов и пр.

II. У м е н ь ш е н и е у к л о н о в:

- а) вследствие развития серпантинности реки;
- б) вследствие заиления отдельных участков русла.

III. У в е л и ч е н и е ш е р о х о в а т о с т и р у с л а (см. таблицы значений коэффициента шероховатости).

**IV. Образование условий неравномерного движения** вследствие таких причин:

- а) разных по форме и величине сечений русла;
- б) условий подпора и спада, определяющихся наличием перекатов, разными уклонами дна и другими факторами.

Ниже указываются методы, устраняющие перечисленные выше причины.

### § 72. Увеличение уклона

Увеличение уклона происходит за счет сокращения длины русла посредством спрямлений серпантин или меандр. В целях соблюдения равномерности распределения уклонов производят спрямления лишь в тех частях русла, где уклоны меньше требуемого. Требуемый уклон определяется лишь после того, как будет найдено (с первым приближением) расчетное сечение, т. е. его форма и размеры. Исходными данными для определения уклона являются скорости при бытовом горизонте (не менее 0,3—0,5 м в секунду), предохраняющие русло от зарастания, и достаточная (не менее 0,7 м/сек.) скорость при летнепаводковом или предпосевном горизонте; последние скорости выбираются в зависимости от допускаемой скорости на размыв.

Имея, таким образом, скорости и сечения, определяют по уравнению Шези уклон, задаваясь обычной величиной коэффициента шероховатости ( $n = 0,03$  или  $\gamma = 1,30$ ).

При распределении спрямлений по плану необходимо также наблюдать, чтобы полученная в результате спрямлений выправительная трасса представляла собой плавно изогнутую линию.

### § 73. Уменьшение шероховатости

Уменьшение шероховатости достигается очисткой от растений участков существующего русла, оставляемых в составе выправительной трассы, а также извлечением находящихся на дне пней, валежника и т. п. Очистка дна от растений производится посредством приборов разной, пока еще несовершенной конструкции; извлечение пней и корней — посредством пловучего грейферного экскаватора.

### § 74. Борьба с неравномерностью движения в заболоченных реках

Условия неравномерного движения выражаются следующей формулой (Толкмита):

$$\left(\frac{100}{Q}\right)^2 \cdot (y - y_0) = \sum \left\{ \left(\frac{100}{C}\right)^2 \cdot \frac{\chi(\Delta x)}{\omega^3} \right\} + 0,051 \sum \left\{ \left(\frac{100}{\omega_{n+1}}\right)^2 - \left(\frac{100}{\omega_n}\right)^2 \right\} ;$$

В этой формуле:

$C$  — скоростной коэффициент (Шези);

$\chi$  — смачиваемый периметр в метрах;

$Q$  — расход в кубических метрах в секунду,

$(y - y_0)$  — падение горизонта на изучаемом участке реки на длине  $\sum(\Delta x)$ ;

$\omega_{n-1}, \omega_n, \omega_{n+1}$  — живые сечения, на соответствующих расстояниях  $\Delta x_{n-1}, \Delta x_n, \Delta x_{n+1}$ .

Для определения  $C$  берется шероховатость по Гангиле—Куттеру;  $n = 0,03$  — для искусственных русел и  $n =$  от 0,12 до 0,06 — для естественных русел, смотря по величине и степени зарастания данного

участка русла. Самые вычисления по формуле удобнее всего располагать в виде следующей таблицы.

*Примерная таблица для вычисления отдельных величин в формуле неравномерного движения*

$\Delta x$	$\omega$ м <sup>2</sup>	$\chi$ м	$R$ м	$C$	$\left(\frac{100}{C}\right)^2$	$\omega^3$	$\frac{\chi(\Delta x)}{\omega^3}$	$\left(\frac{100}{C}\right)^2 \frac{\chi(\Delta x)}{\omega^3}$	$\left(\frac{100}{\omega}\right)^3$	Приращение от $\left(\frac{100}{\omega}\right)^3$
40	5	7	0,71	30	11,08	125	2,2400	24,82	400,00	—
100	40	42	0,95	8	156,25	64000	0,0656	10,25	6,25	—
200	6	8	0,75	30	11,08	216	7,4074	82,10	277,78	271,53
30	60	62	0,97	8	156,25	216000	0,0081	1,266	2,60	—
190	4	6	0,67	29	11,90	64	17,8125	211,97	625,00	622,40
560								330,41		893,93

Пусть  $(y - y_0)$  равно 0,092, тогда, подставляя полученные результаты в формулу Толкмитта, имеем:

$$\left(\frac{100}{Q}\right)^2 \cdot 0,092 = 330,41 + 893,93 \cdot 0,051 = 376,00;$$

откуда  $Q$  равно 1,56 м<sup>3</sup>/сек.

Определяя по формуле равномерного движения расход, хотя бы для минимального сечения  $\omega = 6$  м<sup>2</sup> по призматическому каналу, имеем  $Q = 2,22$  м<sup>3</sup>/сек.

Приведенный пример показывает, насколько неравномерное строение русла реки при увеличенной шероховатости ее старых участков, вошедших в состав выправительной трассы, уменьшает пропускную способность русла.

Для борьбы с неравномерностью движения воды по выправительной трассе служат следующие водостеснительные или выправительные сооружения:

- 1) струенаправляющие дамбы или бровки,
- 2) буны или полузапруды,
- 3) перемычки.

Струенаправляющие и водостеснительные сооружения устанавливаются в тех случаях, когда сечение естественного русла значительно шире проектного. Если линия верхнего ребра канала довольно близко (в горизонтальном направлении) подходит к берме естественного русла, то устанавливаются полузапруды; в противном случае устанавливаются струенаправляющие дамбы с траверсами.

Расположение струенаправляющих сооружений указано на рис. 245. Как видно, между бровками существуют разрывы; они устраиваются для более совершенного заноса взвешенных веществ, особенно донных наносов, за бровку с целью кольматации. В эти разрывы могут также проходить шаланды, сбрасывающие грунт в огражденное бровкой пространство. Ширина бровок (расстояние между плетневыми заборами) — не менее 1 м. Детали бровок указаны на рис. 246. Величина разрывов между отдельными элементами бровок — не менее 2 м, предельная

длина каждого элемента бровок (расстояние между разрывами) — 100 м. Каждый элемент струенаправляющих бровок сопрягается с ближайшим берегом реки посредством траверсов (рис. 245) конструкции, аналогичной с бровками. Необходимо обращать внимание на более тщательное сопряжение траверса с берегом. Гребни траверсов и бровок совершенно горизонтальны и покрываются дерном. Высота берм допустима двойная: а) на 0,25 м выше бытового горизонта, б) на одной отметке с отметкой горизонта средних летних паводков и предпосевных вод.

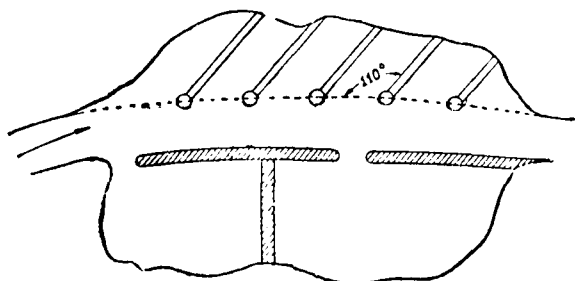


Рис. 245.

Фашинный материал для плетней берется свежий ивовый, не менее чем на 25% от общего объема хвороста. Время устройства — весна после схода паводка.

Полузапруды (рис. 245 — верх) (или наклонные к течению плетневые заборы) применяют в случаях, когда ширина стесняемого русла немногим более проектной ширины (на 5—10 м). Устройство полузапруд такое же, как и струенаправляющих бровок.

Расположение полузапруд в плане inclinиальное — под углом около 110° к оси русла — против течения. Полузапруды прочно сопрягаются с берегом в предупреждение обхода водой. Головы полузапруд располагаются в точности одна против другой (рис. 247): при быстром течении головы несколько ушряются, приобретая в плане вид окружности ( $d = 2$  м). Образованная «корзинка» заполняется камнями или, в крайнем случае, дерниной с минерального грунта. Расстояние между полузапрудами не более 4  $l$ , где  $l$  — длина полузапруды.

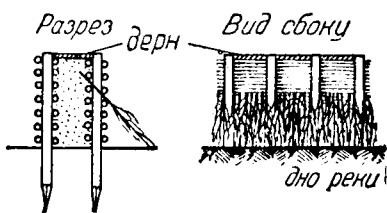


Рис. 246.

Глубина забивки кольев у плетневых заборов на полузапрудях и бровках равна приблизительно 1,5 м.

Если имеется подмыв плетневых заборов, то основания заборов со стороны против течения необходимо укреплять хворостяной наклонной выстилкой, как показано на рис. 246.

Перемычки устраиваются на всех верховых (по течению) участках старых русел, подлежащих ликвидации. Конструкция перемычек — в виде земляной дамбы без замка или экрана. Высота гребня перемычки на 25—50 см выше поверхности прилегающих к перемычке берегов.

Наиболее надежная конструкция перемычек — земляная дамба трапециoidalного сечения.

Спряжения русла бывают двоякого рода: 1) решительные спряжения, 2) более или менее короткие прокопы.

Решительные спряжения (рис. 248—*AB*) применяются в случае наличия недопустимо малых уклонов, после тщательного

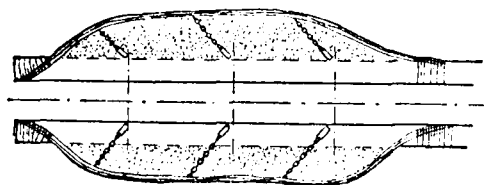


Рис. 247.

исследования грунтов в смысле их устойчивости при прокопке в них канала. Вообще решительным спряжениям должны предшествовать детальные исследования местных условий для приобретения уверенности в устойчивости будущего канала. При решительных спряжениях следует особенно избегать зоны пльвунов с напорными водами, что нередко бывает в поясе притеррасовых склонов.

Короткие прокопы спрямляют меандры рек самых высших порядков (мелких). Положение прокопов в плане прямое или по дуге (рис. 248 — *CD*) проектируется так, чтобы прокоп вместе с сопрягаемыми им участками старого русла составлял плавную изогнутую линию. Такие прокопы называются систематическими. Длинные прокопы предпочтительно вести по наиболее глубоким залежам торфа — по тальвегам минерального дна поймы.

Возможны три случая сопряжения притоков с регулируемой рекой. Первый случай. Устья нескольких притоков сконцентрированы на сравнительно коротком участке реки. Если проходит одновременный паводок по реке и в этих притоках, то на небольшом участке реки возможно ожидать настолько высокий подъем «волны» паводка, что произойдет «закупорка» русла. При этих условиях притоки должны быть оставлены в прежнем неурегулированном состоянии, с большой шероховатостью русла. Тогда паводки притоков несколько запаздывают со своим поступлением в регулируемую реку. При непринемлемости указанного предложения устья притоков разверстываются на более длинном участке регулируемой реки посредством отводных каналов.

## § 75. Сопряжение притоков с регулируемой рекой

Возможны три случая сопряжения притоков с регулируемой рекой.

Первый случай. Устья нескольких притоков сконцентрированы на сравнительно коротком участке реки. Если проходит одновременный паводок по реке и в этих притоках, то на небольшом участке реки возможно ожидать настолько высокий подъем «волны» паводка, что произойдет «закупорка» русла. При этих условиях притоки должны быть оставлены в прежнем неурегулированном состоянии, с большой шероховатостью русла. Тогда паводки притоков несколько запаздывают со своим поступлением в регулируемую реку. При непринемлемости указанного предложения устья притоков разверстываются на более длинном участке регулируемой реки посредством отводных каналов.

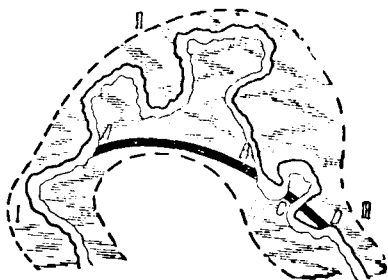


Рис. 248.

Второй случай. Водосбор притока более резко выражен по рельефу, нежели водосбор регулируемой реки. Тогда в паводки приток может иметь большой расход и большую скорость впадения в регулируемый водоток, нежели скорость в самом водотоке. Поэтому в русле водоприемника можно ожидать размыва, отложения наносов (конус отложения) и подпора. В таких случаях устье притока отводится в участок

реки, имеющий примерно ту же скорость, что и приток. В крайнем случае допустимо осуществление лишь плавного сопряжения (рис. 249) притока правильной дугой. При этом бровки русел реки и притока с внутренней стороны оканчиваются стрелкой *AB* в виде струенаправляющей дамбы из фашины. Дамба предупреждает отложение наносов и размыв русла,

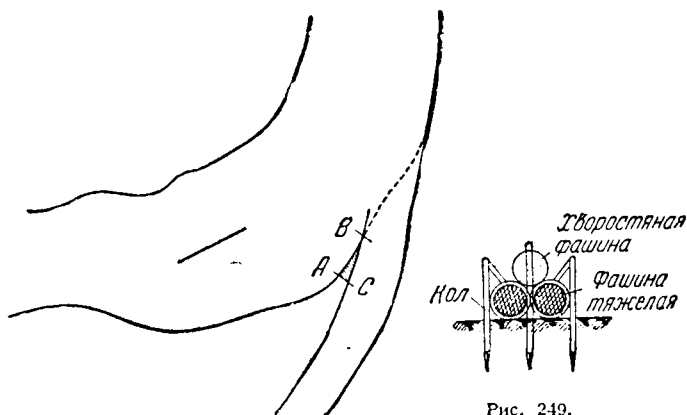


Рис. 249.

Третий случай. Приток низпадает в реку с крутых притеррасных склонов. В таких случаях в пределах притеррасного склона участок притока разделяется на несколько рукавов, впадающих в реку последовательно примерно через 0,5 км. Каждый рукав в пределах

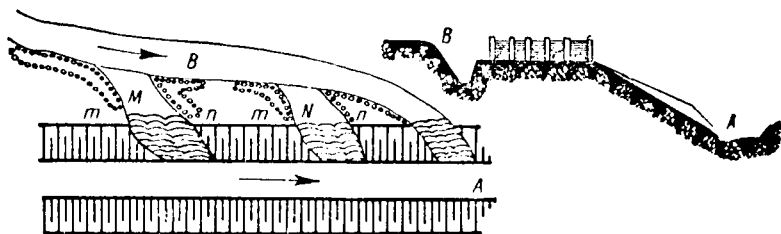


Рис. 250.

склона до впадения своего в реку должен иметь большую ширину, нежели русло притока, с тем расчетом, чтобы слой воды (заполнение) в рукаве в паводки не превышал 0,2 м. Каждый из рукавов покрывается свежим ивовым хворостом поперек сечения, а борта рукава делаются из двойных плетневых заборов (рис. 250).

## § 76. Данные, необходимые для проектирования выправительной трассы и осушки поймы

План поймы масштаба 1 : 5 000; на плане должны быть показаны:

- 1) рельеф дневной поверхности и минерального дна; горизонтали дна даются для тех мест, которые имеют мощность торфяной залежи свыше 1 м;

- 2) растительные группировки, особенно лес и кустарники;
- 3) контуры реки с возможной точностью (за исключением типовых рек А, Б, Д по § 70);
- 4) границы торфяной залежи и вообще заболачивания;
- 5) все места выклинивания напорных грунтовых вод;
- 6) реперы;
- 7) ходовые линии.

#### II. Высотный материал:

- 1) профили поперечных сечений реки на всех последовательно расположенных характерных местах; исключению подлежат лишь те участки реки, которые проложены по местам, засоренным бузой, и имеют небольшие поперечные сечения;
- 2) отметки бытовых и паводковых горизонтов как на продольных, так и на поперечных профилях;
- 3) отметки реперов;
- 4) продольный развернутый профиль реки в масштабе: горизонтальном — 1 : 50 000 и вертикальном — 1 : 100;
- 5) графики изменения сечений реки в последовательном порядке.

#### III. Карта бассейна реки в возможно более крупном масштабе.

#### IV. Гидрометрические данные по каждому посту:

- 1) кривые колебания горизонтов воды, по крайней мере за 3 года;
- 2) кривые повторяемости горизонтов на водомерных постах;
- 3) кривые расходов;
- 4) створы водомерных постов.

#### V. Гидрологические данные:

- 1) осадки по дням и месяцам; наибольшая интенсивность осадков за час;
- 2) испарение за летний период — богатый осадками и сухой;
- 3) данные о коэффициенте шероховатости типичных участков русла.

VI. Инженерно-геологические данные по трассе о ближайших к поверхности (не глубже 5—8 м) геологических формациях с указанием предельных размывающих скоростей для каждого слоя и величин заложения мокрых откосов.

## § 77. Правила для проектирования выправительной трассы

1. Выправленная трасса реки должна представлять собой в плане плавную изогнутую линию (в виде изгиба упругой пластинки).

2. Продольный профиль по трассе должен быть таков, чтобы дно реки имело по возможности на всем протяжении однообразный уклон.

3. Выправленная трасса должна иметь минимальную длину прокопов и общую минимальную длину.

4. Места прокопов должны приурочиваться к участкам реки с недостаточным уклоном и к наиболее глубоким залежам торфа (если они есть) и идти по тальвегам минерального дна поймы.

Прокопы ни в коем случае не должны подходить близко к коренным берегам поймы.

5. Все части реки с ничтожным уклоном, расположенные в грунте, засоренном бузой, и имеющие небольшие поперечные размеры, а также неустойчивые, в смысле размывания, участки, должны быть заменены прямолинейными (по возможности) каналами,

6. Радиусы закруглений канала по выправительной трассе не должны быть менее 100—150 м в зависимости от скоростей средних и донных; эти радиусы определяются по формуле:

$$R_{min} = \frac{2,23 \cos \rho \cdot \gamma}{d \cdot k (\gamma_1 - \gamma) \sin (\rho - \varphi)} \cdot \frac{b \cdot v^2}{2g} \text{ м,}$$

где  $\varphi$  — угол откоса данного грунта в градусах\*;

$\gamma_1$  — удельный вес грунта;

$\rho$  — коэффициент внутреннего трения грунта в градусах;

$v$  — средняя скорость в метрах;

$k$  — сила сцепления грунта, равна  $\frac{N}{a^2}$ ;  $k$  обычно принимается от 2 до 5 кг/см<sup>2</sup>;

$N$  — временное сопротивление грунта в килограммах на 1 см<sup>2</sup>;

$a$  — коэффициент связности грунта (от 0,02 до 0,05);

$d$  — эффективный диаметр частиц в сантиметрах;

$b$  — ширина канала в метрах;

$\gamma$  — удельный вес воды = 1;

$g$  — ускорение силы тяжести.

## § 78. Формы и размеры сечений русла

Формы и размеры сечений русла по выправительной трассе определяются:

1) обычной формой существующих поперечных сечений данной реки и их размерами (необходимо выбирать наиболее часто встречающиеся поперечные сечения по реке);

2) способом производства земляных работ (делаются ли они вручную или при помощи машин и каких).

Для ручной прокопки проектирование глубоких профилей нежелательно ввиду чрезмерной трудности исполнения. Зато при ручной прокопке можно дать откосы любой формы и заложения. В настоящее время ручная прокопка при регулировании рек почти не применяется. Вручную производится лишь прочистка русел.

При механической прокопке форма и размеры поперечного сечения зависят от выбранного или имеющегося снаряда. Следующая таблица показывает зависимость формы поперечного сечения и его размеров от типа землечерпательного снаряда.

Название снаряда	Форма сечения русла	Ширина русла	Глубина русла
Многоковшовая пло- вучая землечерпалка	Почти прямо- угольная, как при углублении существующего русла, так и при прокопах	Более ширины понтона в 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> раза (и более)	Для каждого сна- ряда различна, но в увеличении глубины затруд- нений не встре- чается
Драглайн или скре- перный экскаватор на гусеничном ходу; работает с берм или оси канала	Параболическая и вообще с криво- линейными очер- таниями	В зависимости от выноса стрелы и числа проходов по каналу (по одной или по обеим сторонам)	Неопределенно велика

\* Данные об этом — см. таблицу на стр. 545.

Название снаряда	Форма сечения русла	Ширина русла	Глубина русла
Грейферный экскаватор, пловучий или на гусеничном ходу	Любая	До одного горизонтального выноса стрелы — в каждую сторону от оси	Неопределенно велика
Одноковшовый пловучий экскаватор с береговыми упорами (американской системы)	Почти прямоугольная или в виде двух гипербол	Не более максимального раздвижения береговых упоров (раздвижение различно для каждого снаряда)	Не более глубины погружения ковша с рукоятью в воду
То же, с вертикальными упорами	Почти прямоугольная или эллиптическая	Беспредельная, но с условием отвоза земли. Без отвоза — несколько более ширины понтона	То же

### § 79. Продольный профиль по трассе

Продольный профиль по дну выправительной трассы должен быть по возможности близок к прямой линии, т. е. не иметь переломов уклона. Наилучшим профилем дна является прямая линия с одним уклоном, однако такие профили далеко не всегда достижимы. Резкие изменения уклона во всяком случае недопустимы. Необходимо наблюдать, чтобы расчетные скорости по всей длине трассы были одинаковы или же увеличивались книзу по течению.

В силу требования однообразия уклонов по трассе следует производить спрямления главным образом на тех участках реки, где уклон меньше требуемого расчетом.

По установлении в первом приближении размеров и формы сечений реки проектный уклон  $J$  по дну определяется по формуле:

$$J = \frac{v^2}{C^2 R},$$

где  $v$  — скорость, допускаемая в межень (0,3—0,5 м в секунду) или в паводки;

$R$  — гидравлический радиус, соответствующий требуемому заполнению в межень (в зависимости от того, насколько требуется понижение горизонта) при установленном (в первом приближении) поперечном сечении потока;

$C$  — скоростной коэффициент (Шези).

На основании определенного по последней формуле уклона и величины падения реки ( $H$ ) на соответствующем участке определяется длина по выправительной трассе:

$$L = \frac{H}{J} \text{ м,}$$

где  $H$  — падение горизонта реки на рассматриваемом участке в метрах;

$J$  — проектный уклон.

Для увеличения уклона по трассе до требуемого спрямляют (судя по развернутому продольному профилю) участки с уклоном, меньшим проектного.

## § 80. Гидравлический расчет сечений

Гидравлический расчет сечений производится в следующем порядке.

1. Выбираются расчетные створы по выправительной трассе в следующих местах:

- а) в самом нижнем сечении участка, подлежащего урегулированию;
- б) то же в конце самого верхнего участка;
- в) во всех местах ниже впадения в реку более или менее значительных по расходу притоков;
- г) на нижней (по течению) границе длинных участков с разными уклонами;
- д) там, где характер реки или ее поймы сильно изменяется;
- е) в русле той части реки, которая служит водоприемником.

2. Определяются водосборы, соответствующие вышеуказанным створам (определение водосборов производится по картам возможно более крупного масштаба).

3. Определяются модули стока, соответствующие найденным водосборам, и соответствующие им расчетные расходы на бытовые и предпосевные воды (по фактическим водомерным данным, а за их отсутствием — по формулам).

Если имеются фактические данные (колебания горизонтов и кривые расходов) по одному или нескольким водомерным постам, то эти данные обрабатываются методом математической статистики, в результате чего получаются расходы для каждого створа с определенной обеспеченностью.

Если имеется один водомерный пост или они располагаются не в местах расчетных створов, то расчетные расходы определяются посредством интерполяции или посредством одной из принятых формул. В последнем случае полученные данные сопоставляются с фактическими.

4. До установления гидравлического расхода определяются устойчивые формы и размеры сечений, подлежащих гидравлическому расчету (форма сечений зависит от типа машин, исполняющих эти сечения).

В большинстве случаев форма сечений реки приобретает вид параболы (если грунт сыпучий) или полуэллипсиса (если верхний слой грунта связный).

5. Предварительный гидравлический расчет для параболического сечения проводится по формуле:

$$\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{0,454} = \frac{h_1}{h_2},$$

где  $Q_1$  — расход в метрах в секунду, вычисленный для произвольного заполнения  $h_1$  предполагаемого поперечного сечения;

$Q_2$  — расчетный расход в кубических метрах в секунду;

$h_2$  — искомое заполнение в метрах.

6. Предварительный гидравлический расчет для полуэллиптического сечения (которое определяется подбором) можно провести по формуле:

$$\left(\frac{Q \cdot m \cdot h}{1,57 q (B + H)}\right)^{0,59} = \frac{BH}{h(B + h)},$$

где  $B$  — ширина поверху (большая полуось) полуэллиптического сечения в метрах;

$Q$  — расчетный расход в кубометрах в секунду;

$h$  — глубина заполнения при бытовом горизонте в метрах;

$m$  — средний коэффициент откоса при бытовом горизонте;

$q$  — расход при бытовом горизонте в кубических метрах в секунду;

$H$  — глубина полуэллиптического сечения или малая полуось эллипсиса в метрах.

Сечение при бытовом горизонте в первом приближении можно считать за параболу, вследствие чего к нему применяют предыдущую формулу (см. формулу для парабол).

7. Для трапециoidalного сечения определяют модуль расхода:

$$K = \frac{Q}{VJ};$$

Задаваясь разными заполнениями  $h$ , для каждого сечения расчет производят по такой таблице:

*Таблица подсчета величин для проектирования сечений*

$h$	$B$	$\omega$	$\chi$	$R$	$V\bar{R}$	$C$	$K$	$Q$

Строя кривую по  $k = f(h)$ , определяют таким образом величину заполнения.

8. После того как найдены величины для бытового и паводкового горизонтов расчетных сечений, они наносятся (в масштабе) на схематически начерченном (в мелком горизонтальном масштабе) продольном профиле и соединяются посредством ломаных линий (различных для бытового и паводкового горизонтов). Если эти две линии будут параллельны проектному дну или несколько наклонены книзу по течению и если расстояние (вертикальное) этих линий от бровок будет более или менее соответствовать заданному понижению уровня (запасу), то на этом гидравлический расчет кончается. В том случае, если означенные ломаные линии горизонтов не параллельны проектному дну и отклонение от параллельности значительно, глубины заполнения на соответствующих створах изменяются путем изменения величины дна и отчасти формы сечения канала.

## **§ 81. Требования, которым должна удовлетворять сбросная часть регулируемого русла**

Сбросной частью водоприемника называется та его часть, которая должна воспринимать воды со всего регулируемого участка реки.

Сбросная часть водоприемника должна удовлетворять следующим требованиям.

1. Глубина заполнения при бытовом горизонте должна быть небольшой (примерно 0,5 м), вообще близкой к критической глубине потока.

2. Скорость при том же горизонте должна быть не менее 0,25 м в секунду.

3. Берега или бровки реки, а еще лучше — общий уровень поймы, должны быть выше бытового горизонта по крайней мере на 2 м.

4. Пропускная способность сбросного участка должна превышать сумму расходов (предпосевных или летних паводковых) как части реки, подлежащей урегулированию, так и выпадающих в эту часть притоков. При этом, если сбросная часть имеет неправильное русло, пропускная способность должна проверяться по формулам неравномерного движения.

**Сопряжение регулируемого русла с его сбросной частью.** При сопряжении регулируемой части русла с его сбросной частью необходимо соблюдать следующие правила.

1. Проектное дно должно выходить на перекат сбросной части в естественном состоянии.

2. При более или менее одинаковых живых сечениях сбросной части и проектной, скорости в сбросной части должны быть не менее проектных скоростей за любой расчетный период.

3. Отметки паводковых вод в сбросной части не должны быть выше, нежели такие же проектные отметки внизу регулируемого участка.

4. Отметки поймы в сбросной части реки должны быть выше бытового горизонта по крайней мере на 2 м.

В случае сомнений в пропускной способности сбросной части реки участок ее не менее 3 км длиной должен быть тщательно проанализирован при помощи гидравлического расчета на неравномерное движение (чтобы узнать пропускную способность сбросной части).

## § 82. Обвалование

**Применение обвалования.** Обвалование применяется в случаях:

1) когда пропускная способность основного русла реки меньше, чем максимальные расходы ее паводков;

2) при ограждении низких морских берегов от приливов и волнобоя;

3) в случаях отторжения от моря или рек (в естественном или подпертом состоянии) мелководий, т. е. мелко (до 1,5 м) затопленных площадей;

4) для направления водных потоков, богатых взвешенными минеральными веществами, на пониженные площади с целью кольматации этих низких площадей;

5) при образовании искусственных бассейнов (водохранилищ, сборных бассейнов, для аккумуляции поверхностных вод, кольматационных бассейнов и пр.);

6) как добавочное средство для увеличения пропускной способности рек-водоприемников.

**Недостатки обвалования.** Обвалование имеет следующие недостатки, которые необходимо учитывать при его проектировании.

1) Ограждаемая валами площадь постепенно понижается (по нивелировочным отметкам) относительно русла.

2) Обвалованная площадь постепенно беднеет зольными почвенными элементами.

3) Обвалование повышает паводковые горизонты.

4) Обвалование резко ухудшает условия самотечного осушения, почему нередко вызывает необходимость механического водоподъема.

5) При обваловании возникает опасность прорыва дамб паводками вследствие повышения паводкового горизонта.

6) Уменьшается аккумулятивная емкость речной долины.

7) Обвалование реки вызывает необходимость обвалования также и всех поступающих в обвалованную реку притоков или перекачки воды из них.

Обвалование требует бдительного надзора и своевременного исправления валов или дамб.

**Дамбы и их конструкция.** Дамбы при реках могут быть затопляемые и незатопляемые.

Затопляемые дамбы применяются в случаях защиты пойм от летних паводков, высота подъема которых значительно меньше (в реках, не вытекающих с гор), нежели у весенних паводков. Затопляемые дамбы при-

меняются значительно реже, чем незатопляемые. В случае большой разницы высот весенних и летних дамб, затопляемые дамбы по конструкции очень сложны: требуются водосливы для выпуска паводковых вод и более сильное укрепление тела дамб.

Конструкции дамб или валов зависят от высоты, от характера дамбы (затопляемые и незатопляемые дамбы имеют различия в конструкции) и типа ограждаемых местностей. На рис. 251 представлена простейшая конструкция незатопляемых дамб или валов. Затопляемые дамбы требуют укрепления каменной или фашинной одеждой. Откосы у затопляемых дамб делаются более пологими (сухие): от 1 : 4 до 1 : 6. Ширина поверху (гребня) у незатопляемых дамб должна быть не меньше 2,5—5 м, а у затопляемых она равна 1,5—3 м. Гребни незатопляемых дамб должны быть выше уровня высоких вод на величину от 0,6 до 1,5 м.

В случае возможности прибоя волн превышение дамб определяется по Стефенсону:

$$H = 1,5\sqrt{L} + 2,5\sqrt[4]{L} \text{ футов.}$$

Здесь  $L$  — длина разбега волны в милях (1 миля = 1,85 км).

Если высота дамбы превышает 1,5 м, то очертания ее сухого откоса проектируются сообразно расположению линии депрессии. Необходимо

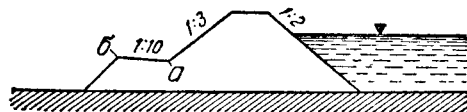


Рис. 251.

вычертить в профиле дамбы линию депрессии. Затем, исходя из условий устойчивости, дамбу следует проектировать так, чтобы линия депрессии почти полностью (за исключением подошвы откоса) распределялась в очертаниях поперечного профиля дамбы.

Поэтому при высоких дамбах сухой откос необходимо снабжать банкетом  $ab$  (рис. 251).

Гребень и банкет дамбы должны иметь небольшой (0,1) уклон от оси дамбы. Валу или дамбы обычно устраиваются на естественных основаниях. Для лучшего сопряжения дамб с поверхностью земли полоса, на которой они будут сооружены, распаивается и слой чернозема выбирается. При формировке дамб этот слой идет на сухой откос.

Если грунт под дамбой рыхлый и неустойчивый, то для предупреждения фильтрации под основанием дамбы делается замок из местного более непроницаемого и плотного грунта. Ширина замка должна быть не менее 1 м; основание замка доводится до более непроницаемого и плотного грунта. Если дамба возводится из рыхлого грунта, то замок по высоте продолжается до отметки расчетного горизонта.

Между валом и берегом реки оставляют полосу не менее 10 м ширины, из этой полосы берут резервы земли. Глубина резервов у дамбы — 0,6—0,8 м; в сторону от реки — до 2,5 м. Резерв должен отстоять от подошвы дамбы на расстоянии не менее  $2H$ , где  $H$  — высота дамбы.

Осадка дамб достигает от  $1/8$  до  $1/3$  их высоты, смотря по рыхлости грунта.

Переезды через дамбы устраиваются под острым углом к оси дамбы, вниз по течению, с уклоном  $1/10$  —  $1/15$ . Ширина въездов — не менее 3 м.

**Расстояние между дамбами.** Расчет расстояний между дамбами производится по отдельным участкам с резко различающимися расходами (вследствие впадения притоков). Расстояние между дамбами обычно определяется таким уравнением:

$$\frac{H}{H_1} = \sqrt[3]{\left(\frac{l_1}{l}\right)^2},$$

где  $H$  — средняя высота слоя воды в пойме в метрах;  
 $H_1$  — средняя высота слоя воды между валами в метрах;  
 $l$  — ширина поймы в метрах;  
 $l_1$  — расстояние между валами в метрах.

Однако проверенная по этой формуле высота валов нередко оказывается преувеличенной. Поэтому рекомендуется производить проверку принятой высоты дамб или расстояния между ними путем построения кривой свободной поверхности по продольному профилю реки и валов (по Брессу, Бахметеву и др.).

Основное затруднение при построении кривых свободной поверхности заключается в надлежащем подборе коэффициента шероховатости. Этот коэффициент, вообще говоря, различен как для русла реки, так и для разных участков поймы. Рекомендуется определять коэффициенты шероховатости непосредственно на месте экспериментальным путем.

**Трасса обвалования** (см. также главу XIV «Подтопление при гидростроительстве»). Во избежание риска затопления широкой площади ценных участков поймы в результате прорыва дамб рекомендуется, кроме основных дамб, параллельных общему течению потока, возводить и поперечные дамбы. Каждая из этих последних сопрягается с основной дамбой и притеррасным склоном поймы. Здесь, так же как и в случае основного обвалования, расположение дамб приурочивается к наиболее возвышенным местам поймы.

**Отверстия в дамбах.** Для сброса вод с обвалованной площади в пересечениях наиболее пониженных тальвегов с дамбами устраиваются отверстия. Последние оформляются в виде шлюзов — при больших расходах и труб с клапанами — при малых расходах. Шлюзы и трубы делаются из дерева (на севере), бетона или камня (на юге). Размеры этих отверстий должны быть обоснованы обычным расчетом.

Так как труба в дамбе большей частью работает под напором, то скорость в трубе ( $v$ ) равна:

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{1,5 + 0,0197 \frac{L}{d}}} \text{ м/сек.},$$

где  $H$  — напор над центром выходного отверстия трубы в метрах;  
 $L$  — длина трубы в метрах;  
 $d$  — диаметр отверстия в свету в метрах.

Расход в трубе ( $Q$ ) равен:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v \text{ м}^3/\text{сек.}$$

## ГЛАВА XII

### ВЫПОЛНЕНИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

#### § 83. Разбивка каналов на местности (перенос проекта канала в натуру)

Разбивка каналов имеет целью точно обозначить на земной поверхности очертания канала поверху. Способов разбивки два:

- 1) нивелировочная линия (с пикетами) принимается за ось канала;
- 2) нивелировочная линия идет по одной из бровок канала.

Первый способ выгоднее применять на косогорах. Его недостаток: перенос пикетов, по существу, на произвольное по высоте место.

Второй способ наиболее применим на более или менее горизонтальных местах. Достоинство его — неприкосновенность пикета. Недостаток — ось канала получается несколько изогнутой.

При первом способе у каждого пикета в обе стороны откладывают половину ширины канала поверху (из ведомости земляных работ); при втором способе от каждого пикета откладывают полную ширину канала в одну и ту же сторону. Концы промеров у каждого пикета отмечают кольями. Между кольями вдоль канала протягивается шнур или вешится линия, которая затем сбивается заступом.

## § 84. Ручная прокопка новых каналов

**Прокопка в плотном грунте.** а) Если работают неопытные землекопы, то сначала по середине полосы, разбитой под канал, вырывается траншея почти с вертикальными стенками, шириной, равной ширине канала по дну, и глубиной на каждом пикете, равной проектной. Когда траншея вырыта, срезают откосы до требуемой ширины поверху.

б) При опытных землекопах производится послойная прокопка (рис. 252). Впереди работает артель, снимающая верхний слой (*abcd*), за ней, ниже по течению, другая артель снимает второй слой (*eflk*) и т. д.; последняя артель выработывает самый нижний слой до проектной глубины. Затем уже производится планировка откосов.

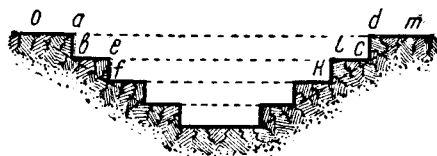


Рис. 252.

Прокопка каналов вручную при любом способе должна производиться, начиная от водоприемника вверх по течению. Прокопка каналов

в более жидких грунтах возможна лишь при условии применения креплений, постоянных или временных (крепёжных лесов).

**Прокопка каналов в жидком грунте.** Различают два случая.

Первый случай. Прокопка канала может быть осуществлена в длительный срок (1—3 года).

Сначала вдоль оси намеченного канала выкапывают узкую траншею с возможно более крутыми откосами. Прокопка производится, начиная от водоприемника (если от него нет подпора в канале). Когда траншея выкопана на глубину не менее половины проектной, производится подчистка дна для обеспечения стока воды. По истечении 1—2 месяцев, после того как грунт возле траншеи окрепнет, производится углубление и отчасти уширение траншеи с выправлением дна для лучшего стока воды.

Путем такого же повторного углубления и уширения канал доводится до проектных размеров.

Если канал широкий, то одновременно с прокопкой траншеи вдоль его осуществляется сеть боковых траншей через 5—10 м на всей полосе, предназначенной под канал. Траншеи, так же как и в предыдущем случае, постепенно углубляются.

Второй случай. Канал должен быть прокопан в короткий срок. В этом случае сначала вынимают верхний слой грунта, притом только на такую глубину, при которой канал не заполняется водой.

Затем забивают (на глубину 1 м) шпунтовые сваи, распираемые горизонтальной рамой (рис. 252а).

Рамы осаживают вниз вместе с углублением выемки; когда ее глубина достигнет 1 м, устанавливают верхний ряд постоянных рам. Углубление выемки продолжают, устанавливая на дне выемки новую распорную

раму, которая также осаживается по мере углубления выемки. Дно выемки должно постоянно иметь уклон для правильного стока воды.

**Ручная прокопка каналов вдоль водотоков, несущих заметные расходы воды.** Сначала вдоль водотока (в пределах разбитой полосы) прокапывают траншею сечением  $ABCD$  (рис. 253), являющуюся частью проектного сечения.

Когда сечение траншеи будет достаточно для пропуска всего расхода, прокапывают траншею  $HGFE$ , приближающуюся по глубине к проектной и входящую своим сечением в проектное сечение. После этого пускают воду в последнюю траншею и докапывают до проектных размеров траншею  $ABCD$ . Затем вынимают бровку  $FECD$ .

**Прокопка осушительных каналов при скоростном строительстве.** В этом случае при исполнении каждого более или менее крупного канала участвует значительно большее число колхозников, нежели при обычном артельно-бригадном способе исполнения. Поэтому рабочие располагаются в данном случае равномерно по всему каналу (или его значительному участку). Все рабочие распределяются на бригады. Каждой бригаде, сообразно ее силам и возможностям, отводится определенный участок канала.

Если поверхность, где должен располагаться канал, покрыта некоторым слоем воды, то после разбивки ширины по верху канала весь участок обводится непрерывным кольцом валика. Грунт для валика берется с площади, где будет располагаться канал. После обвалования из наиболее пониженной части огражденного контура производят водоотлив и приступают к выемке грунта одним из вышеописанных методов. В результате работы каждой бригады получается «ящик», или котлован, ограниченный с торцов перемычками. Под последними понимают массы грунта в виде дамбы, остающиеся нетронутыми в период производства выемки. Эти перемычки необходимы для предупреждения поступления в котлован грунтовых и поверхностных вод; они сносятся лишь после завершения работ по всем «ящикам», дающим в целом весь канал. В период работ водоотлив обязателен.

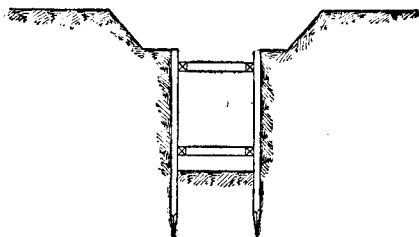


Рис. 252а.

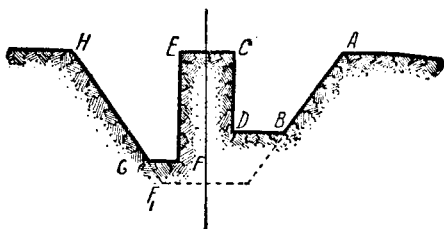


Рис. 253.

## § 85. Углубление и уширение существующих русел (капитальный ремонт)

**Первый случай.** Сечение существующего водотока невелико по сравнению с проектируемым и отличается извилистостью. В этом случае вместо существующего русла прокапывают более или менее плавно изогнутый канал, захватывающий собой русло в возможно

большей части его длины (рис. 254). Если по водотоку идет вода, то она отводится так, как указано в предыдущем параграфе, или же

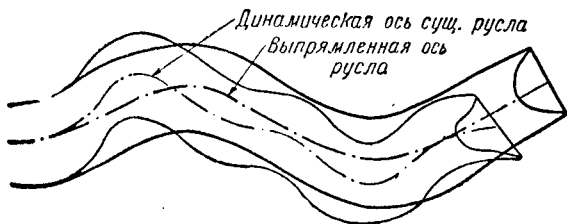


Рис. 254.

посредством особого временного канала, в который включаются и старые русла. При невозможности отвода на периоды производства работ устраиваются временные перемычки, в которых должны быть отверстия для сброса воды всякий раз по окончании работ.



Рис. 255.

Второй случай. Проектное сечение канала превышает существующие сечения канала главным образом по глубине (рис. 255). В таких случаях откосы не трогают, а производят лишь углубление, причем на время работ устанавливают перемычку.

## § 86. Кавальеры и воронки

Вырытый из каналов грунт складывается на одну низовую сторону (у нагорных каналов и собирателей) или на обе стороны канала (у магистралей). Откос кавальера, обращенный в сторону канала, обделяется с заложением  $3/4$ ; при этом между основанием (нижним) откоса и верхним ребром канала (бровкой) оставляют полосу (берму), ширина которой равна глубине канала в данном месте. Высота кавальера не должна превышать 1,5 м. Верх кавальера обделяется под параллельную дневной поверхности плоскость; откос кавальера, обращенный в сторону от канала, может быть оставлен без планировки. Воронки делаются только у магистральных и тальвеговых каналов; эти воронки располагаются лишь при пересечении каналом разных понижений. Уклон дна воронки — не более  $1/10$ ; воронка при пересечении кавальера должна иметь соответствующие сермы шириною 0,2 см.

В случаях больших масс земли невыгодно прорезать кавальеры воронками. В таких случаях целесообразнее перед прокопкой канала устанавливать вместо воронки трубу (см. рис. 256, правая сторона), которая и зарывается землей из кавальера.

## § 87. Классификация машин для прокопки более крупных осушительных каналов

Все землеройные снаряды, употребляемые в осушении, по методам воздействия своих режущих орудий на грунт разделяются на несколько групп:

1) прицепные орудия, работающие по принципу плуга (например, суданский канавокопатель, КВ-3 и КВ-2, грейдеры и пр.);

2) многоковшовые экскаваторы с движением ковшей на цепи или на жестком кольце (например, многоковшовая пловучая землечерпалка, траншейный канавокопатель МК-1);

3) механические лопаты с принудительным движением ковшей (например, одноковшовый пловучий экскаватор, обратная лопата);

4) канатно-скребковые экскаваторы драглайны;

5) храповые экскаваторы (или грейферные);

6) фрезерные канавокопатели;

7) землесосы.

По способу передвижения те же землеройные снаряды разделяются на следующие типы:

1) колесные, передвигающиеся непосредственно по грунту (ныне сняты с производства);

2) на железнодорожном ходу, опирающиеся на грунт посредством колесных скатов на рельсовой колее;

3) гусеничные, опирающиеся на грунт посредством пары гусениц;

4) шагающие, передвигающиеся посредством пары лыж;

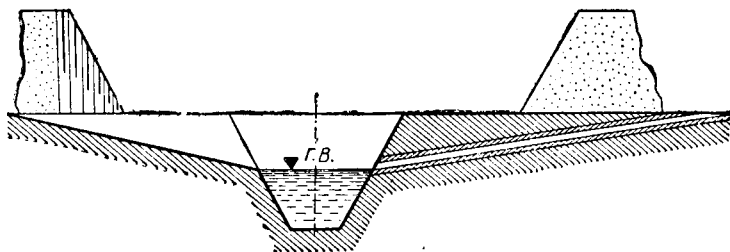


Рис. 256.

5) на салазках разной конструкции;

6) на понтонах;

7) башенные.

По силовому оборудованию землеройные машины делятся на:

1) паровые (паровые машины и турбины);

2) внутреннего сгорания (дизели, двигатели с карбюратором);

3) электрические (трехфазные и моторы постоянного тока);

4) прицепные (к тракторам или лебедкам) или приводимые в действие животными.

## § 88. Выбор машин для каналов требуемого профиля

*А. Машины для урегулирования рек и прокопки крупных каналов.* Выбор этих машин и их типа производится в зависимости от характера грунта, русла реки и требуемого поперечного сечения. Эти данные приведены в таблице на стр. 582.

*Б. Машины для прокопки небольших магистральных, собирательных каналов, картовых каналов и осушителей (дренажных траншей).* Выбор производится в зависимости от тех же факторов, что и машин группы А (т. е. в зависимости от формы и размеров поперечных сечений канала и характера грунта).

Данные о главнейших размерах механических лопат, канатно-скребковых и храповых экскаваторов на гусеницах с паровым или внутренним сгоранием силовым оборудованием указаны соответственно в таблицах на стр. 394—432.

**В. Машины для прокопки открытых осушителей и коллекторов в минеральных грунтах или в торфах, не содержащих пней.** Основным представителем подобного рода машин является канавокопатель КВ-2, КВ-3, изготавливаемые заводами дорожных машин (Николаевским и Онежским). Эти канавокопатели плужного типа на 2 колесах исполняют, при тяге трактором ЧТЗ, канавы трапециoidalного сечения глубиной до 60 см (за 2—3 прохода) шириной дна 30 см и одинарными откосами. Канавокопатель КВ-3 изготавливается с гидравлическим управлением

Другие машины плужного прицепного типа («Мартин», «Сейльс Чаттин» и пр.) распространены мало и у нас почти не изготавливаются.

## § 89. Понтоны

Понтоны к экскаваторам делаются металлические и деревянные. Металлические понтоны бывают квадратной (у храповых экскаваторов, предназначенных для работ по углублению широких русел) или прямоугольной формы. Те же понтоны могут быть в виде отдельных судов или же в виде 2—3 и более отдельных поплавковых звеньев, связанных между собой жесткой рамой. Каждое из таких звеньев — нормальный понтон — имеет следующие размеры: длина — 9 500 мм, ширина — 2 880 мм и высота бортов — 1 600 мм.

В СССР наибольшим распространением пользуются понтоны из дерева, которые работают не хуже металлических. Для работ по урегулированию заболоченных рек у нас применяются исключительно понтоны, имеющие в плане вид прямоугольника, вытянутого вдоль оси канала (с отношением сторон прямоугольника, равным 5 : 1 и более). В случае грейфера кабина экскаватора устанавливается таким образом, чтобы грейфер выходил за пределы передних бортов понтона по крайней мере на 2—4 м.

Осадка понтона обыкновенно допускается 0,7—1 м. Высота бортов над водой — не менее 1 м.

Размеры понтонов пловучих механических лопат американского типа указаны в таблице на стр. 587.

Механические лопаты на гусеничном ходу неприменимы для понтонов, так как имеют сравнительно небольшую длину рукоятей и стрел.

## § 90. Главнейшие моменты в определении типа, размеров и числа снарядов, необходимых для исполнения заданной работы

### I. Проектные данные:

- 1) данные о размерах и форме сечений канала и о залегающих по каналу грунтах;
- 2) данные о размерах и форме сечений существующего русла, входящего в трассу;
- 3) план и профиль реки по новой трассе;
- 4) сведения об устойчивости берм реки для прохода сухопутных экскаваторов;
- 5) сведения о магистральных каналах (их размерах и грунтах), прокапываемых одновременно с регулированием реки.

II. На основании перечисленных данных решаются вопросы: сколько кубометров выемки (отдельно по углублениям и прокопкам) потребуется для осуществления данной работы в заданный срок и каков грунт на выемках и углублениях.

## Классификация грунтов по машинной их разработке

Категории грунтов	Характер грунта	Типичные породы грунтов, обладающие характерными свойствами грунтов данной группы	Коэффициент трудности разработки экскаваторами			Вес 1 м <sup>3</sup> грунта (в тоннах) до его разрыхления
			одноковшовый 0,75		многоковшовый МК-1	
			прямая	драглайн		
1	С минимальным сцеплением частиц	Мелкий песок и рыхлый растительный грунт (I категория Единых норм) . . . . .	1,00	1,06	3,00	0,60—1,40
2	Со слабой связью частиц (грунты рассыпаются на комки)	Крупный песок, растительный слой, супесок, чернозем, легкие суглинки (применительно к I категории Е. н.) . . . . .	1,00	1,10	3,00	1,40—1,60
3	Грунты 1-й группы с примесью мелких частей более твердых и тяжелых пород или волокнистых веществ	Грунты 1-й группы с примесями крупного гравия или щебня (до 25%) или щепы и мелкого строительного мусора, а также мелкий гравий (применительно ко II категории Е. н.) . . . . .	1,10	1,30	3,37	1,10—1,50
3	Грунты 2-й группы с такими же примесями	Грунты 2-й группы с такими же примесями, а также крупный гравий (применительно ко II категории Е. н.) . . . . .	1,20	1,45	4,00	1,50—1,90
4	Пластично-вязкие грунты	Тяжелые суглинки, жирные глины (III категория Е. н.) . . . . .	1,50	1,80	5,00	1,40—1,80
5	Грунты 4-й группы с примесью частей твердых и тяжелых пород (до 25%)	Жирные глины и тяжелые суглинки с примесями крупного гравия, гальки, щебня (до 25%), торф с корнями, а также крупный гравий, отвердевший лёсс и слежавшийся строительный мусор (IV категория Е. н.) . . . . .	1,90	2,30	—	от 1,8 до 2,10
6	Со значительным сцеплением частиц и вязкостью	Опоки, мергель, сланцевые глины, тяжелые, (ломовые) глины (V категория Е. н.) . . . . .	1,90	2,30	—	1,10—2,30
7	С большой степенью сцепления частиц	Меловые породы, мягкие известняки, мягкие песчаники (VI категория Е. н.) . . . . .	2,50	3,00	—	2,00—2,50

III. Вся выемка приводится к условной единице. Под последней понимается энергия, затрачиваемая на выемку 1 м<sup>3</sup> мелкого песка со слабой связью, средней влажности, находящегося в прокопе (т. е. канале в целом грунте). Таблица «Классификация грунтов по машинной их разработке» (см. стр. 579) содержит перечень типичных грунтов, встречаемых в осушении, приведенных по степени трудности их выемки к указанной единице.

Эти данные относятся к сплошной выемке (прокопам) без пней. Присутствие пней увеличивает коэффициент трудности до 15%. При углублении существующих русел коэффициент трудности увеличивается на 20%.

IV. Подытоживая все земляные работы по реке (с приведением их к условной единице) и деля сумму на число сезонов, предназначенных для исполнения этой работы, получают требуемую производительность за сезон.

V. Определяют направление хода экскаваторов во время работы: вниз или вверх по реке. В этом отношении по техническим условиям сухопутным экскаватором почти всегда выгоднее производить работу по направлению вверх по реке, а пловучим — вниз.

VI. Определяют, какой объем работ (из общего годового объема) приходится на отдельные части подлежащего урегулированию участка реки, начиная снизу или сверху (по соображениям п. V) (распределяют годовую производительность по течению реки). При распределении возможны такие случаи:

а) по регулируемой реке имеются лишь более или менее короткие прокопы, распределенные по реке приблизительно равномерно;

б) по регулируемой реке имеются решительные спрямления в виде редко расположенных длинных и глубоких прокопов, требующих для своего выполнения значительного количества земляных работ, могущих поглотить годовую производительность обычного экскаватора.

В случае «а» полученная годовая производительность откладывается по графику работ (непрерывно по профилю реки); при этом окончание срока сезона следует приурочивать к какому-либо изменению по проекту (например, значительному увеличению площади сечения русла, началу длинного прокопа и т. д.) или же к изменениям, зависящим от характера реки (например, начало широких плесов или переход жидкого торфяного грунта в прочный суглинок и т. п.).

В случае «б» — при наличии длинных и глубоких прокопов — заболоченные и наводненные участки для работы за один сезон комбинируются так, чтобы их не разделяли указанные длинные прокопы.

Высказанные указания основываются на том положении, что на заболоченных и наводненных участках выгоднее работать пловучими экскаваторами, а глубокие прокопы лучше выполнять драглайном.

В результате такого распределения объема работ по реке должны быть найдены участки, требующие для работы на них машин разного типа: участки должны быть выбраны так, чтобы кубатура земляных работ на них была кратна сезонной производительности экскаваторов, по своей конструкции соответствующих характеру работ на этих участках.

VII. Подбираются экскаваторы для каждого из выбранных участков; экскаваторы должны удовлетворять следующим условиям:

а) соответствовать преобладающим на участке условиям грунта;

б) наиболее легко выполнять заданный проектом поперечный профиль (конечно, этот профиль должен быть запроектирован и в соответствии с наимыгоднейшей для его исполнения машинной);

в) обладать наибольшей подвижностью и устойчивостью во время работы;

г) практическая сезонная производительность выбираемого экска-

ватора должна быть кратной кубатуре земляных работ всего участка. О выборе экскаваторов — см. «Таблицу для выбора типа машин» на стр. 582—585.

Сезонная производительность ( $Q$ ) одноковшового экскаватора (механической лопаты, драглайна или грейфера) приблизительно определяется по формуле:

$$Q = MD\mu VK\eta\eta^3 \text{ м}^3,$$

где  $M$  — число рабочих месяцев в сезоне;  
 $D$  — число рабочих суток в месяце;  
 $\mu$  — число рабочих часов в дне (или сутках);  
 $V$  — объем ковша в кубических метрах;  
 $K$  — коэффициент наполнения ковша, определяемый следующей таблицей:

Значение коэффициента наполнения ковшей

Грунт, в котором работает машина	Грейфер	Прямая лопата	Драглайн	Многоковшовый экскаватор («мокрый»)
Песок мокрый . . . . .	0,35	1,20	0,90	0,90
Глина мягкая . . . . .	0,80	1,20	0,80	0,35
» сухая . . . . .	0,70	1,00	0,60	0,30
Луговой торф . . . . .	1,10	1,30	0,80	0,80
Мерзлый твердый грунт . . . . .	0,35	0,50	0,30	0,20

$n$  — число экскаваций в час; принимается, в зависимости от конструкции машины и расстояния свалки грунта, в пределах от 40 до 120 экскаваций в час;

$\eta$  — коэффициент простоев — от 20 до 40% всего времени.

Основные размеры экскаваторов — их горизонтальный вынос, емкость ковша и пр. — указаны в соответствующих таблицах (см. стр. 394—412); при окончательном уточнении эти размеры необходимо брать из каталога заводов, где эти машины изготовляются.

Одним из важнейших элементов экскаватора, на который необходимо обратить самое серьезное внимание, является длина выноса стрелы, т. е. горизонтальное расстояние от центра вращения стрелы до горизонтальной проекции центра ковша, грейфера или скрепера. От этой величины зависит расположение кавальеров на берегах. Необходимо требовать, чтобы экскаваторы указанного вида имели достаточную длину выноса для образования между основанием кавальера и верхним ребром канала бермы не менее 1 м шириной.

Наконец, последнее, на что необходимо обратить внимание при выборе экскаваторов, — это его силовое оборудование. Наиболее подходящим двигателем в случаях осушения является паровая машина, преодолевающая значительные перегрузки, неизбежные здесь. Электромоторы постоянного тока весьма подходящи и имеют несомненные преимущества перед паровой машиной, если вблизи имеется электроэнергия. Двигатели внутреннего сгорания, как не переносящие перегрузок, недостаточно пригодны для данных условий. Несмотря на сравнительно большое число экскаваторов, оборудованных двигателями внутреннего сгорания, при тяжелых условиях работ, встречающихся в осушении, нужно избегать таких машин.

Таблица для выбора типа машин при урегулировании рек

Характер производимой выемки	Грунт	Место выгрузки грунта	Глубина выемки под водой	Высота отгрузки над бровкой	Место установки машины	Название рекомендуемого экскаватора и его краткая характеристика	Форма исполняемых откосов	Поперечный профиль выемки	Наилучшие условия для работы машины
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Магистральные каналы трапециодальные, глубиной до 2 м, новые или капитальный ремонт таких же каналов	Сухой, минеральный, без пней и крупных камней	За экскаватор в противоположную от канала сторону	Без воды	Достаточная для приема вагонетки или платформы	На берме	Драглайн или шаблонный, многоковшовый экскаватор на железнодорожном или гусеничном ходу	Одинарные или полукруглые, в зависимости от рамы	В зависимости от формы и величины направляющей рамы или длины стрелы драглайна	Грунт сухой и достаточно рыхлый
Прокопы и углубление русла не менее чем в 2 раза шире понтона. Размеры сечения — до 20 × 5 м	Аллювий, преимущественно песчаный	Шаландами, транспортером или наклонным лотком с промывкой	Не выше 2—6 м, смотря по величине	Достаточная для выгрузки на шаланды или лотки	На воде	Прямая механическая лопата американского типа. Пловучая многоковшовая землечерпалка	Почти вертикальные	Прямоугольный или грубо трапециодальный с откосами 1 $\frac{1}{4}$	Речной песок и глубина воды 1,5—2 м, смотря по осадке понтона
Каналы новые, шириной до 10 м. Ремонт таких же каналов или русел	Подсушенный торф чистый и с пнями. Легкие минеральные грунты	На одну из берм, а в случае узкого нового канала — по обе стороны его	До 4—5 м	В зависимости от длины стрелы и ее наклона	По одной из берм или по оси намеченного канала	Храповой на гусеничном ходу. Обратная лопата	Любая из практикуемых	Произвольной формы	Луговой торф достаточно устойчивый

Характер производимой выемки	Грунт	Место выгрузки грунта	Глубина выемки под водой	Высота отгрузки над бровкой	Место установки машины	Название рекомендуемого экскаватора и его краткая характеристика	Форма исполняемых откосов	Поперечный профиль выемки	Наилучшие условия для работы машины
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Углубление, уширение рек, прокопы включительно до очень глубоких	Всякий незасоренный минеральный наносный грунт без крупных пней или камней. Верхний слой, мощностью не менее 2 м, подсушен	За экскаватор в противоположную от канала сторону. При узком канале на обе стороны	То же	В зависимости от длины стрелы и ее наклона	На бровке, а в случае узкого канала — по намеченной для него оси	Драглайн на гусеничном, лыжном или железнодорожном ходу	Параболическая	Параболический	Устойчивая и сухая берма
Каналы новые большого сечения (ширина по дну — более 10 м)	Минеральный подсушенный	На авто или на платформу по дну канала	Без воды	Независимо от длины стрелы и рукоятки ковша	На дне канала	Механическая лопата на гусеничном или железнодорожном ходу	Округлая	Прямоугольный с округлыми углами	В сухом минеральном грунте
Углубление, уширение рек до 10—13 м, смотря по величине снаряда, прокопы	Всякий, включительно до пнистого и каменистого	На берму или шаланду	До 2—5 м, смотря по длине рукоятки	То же	На воде	То же на понтоне (стандартный) с телескопическими береговыми упорами	Почти прямоугольная, грубая	Прямоугольный с округлыми углами, шириной от 5 до 10—13 м	При горизонте на 0,5 м ниже бровки и на глубине воды около 1,5 м

Характер производимой выемки	Грунт	Место выгрузки грунта	Глубина выемки под водой	Высота отгрузки над бровкой	Место установки машины	Название рекомендуемого экскаватора и его краткая характеристика	Форма исполняемых откосов	Поперечный профиль выемки	Наилучшие условия для работы машины
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
То же, но для более широких выемок и для углубления рек неопределенно большой ширины	То же	В шаланды или на бермы близ верхнего ребра выемки	До 4—9 м, смотря по длине рукояти	То же	То же	То же на понтоне, но более широким, с вертикальными опорами	То же	То же, но более широкий	То же
Углубление существующих русел, естественных или искусственных	Песчаный, при наличии в грунте избытка воды	В сторону на 10 м и более	До 2—4 м, смотря по величине снаряда	Произвольная	То же	Пловучий землесос с рыхлителем на всасывающей трубе	То же	Прямоугольный, округлый и параболический	Речной аллювий при избытке воды
Углубление, уширение рек, неглубокие прокопы, сечение до 10 × 4 м	То же, но с водою на поверхности	На обе бровки	То же	То же, и от глубины понижения зеркала от бровок	На воде	То же	То же	То же	Луговой торф любой плотности

Таблица для выбора типа машины при прокопке каналов и траншей

Название поперечного профиля канала	Грунт	Место выгрузки грунта	Глубина выемки %	Рекомендуемый тип машины	Место прохода машины	Наилучшие условия для работы рекомендуемой машины
1	2	3	4	5	6	7
Магистральный канал параболического сечения	Устойчивый минеральный с небольшими корнями и камнями и без них	На одну или на обе стороны канала	Разная до 4 м	Драглайн на гусеницах, емкостью до 0,75 м <sup>3</sup>	Вдоль оси канала по торцу его или по одной из бровок	Вполне устойчивый грунт без пней и крупных камней
Магистральный канал округло-прямоугольного сечения или трапециoidalный	Торф и минеральный грунт с пнями и без них с избытком воды, вязкий	На обе стороны канала	До 3 м	Небольшой плывучий экскаватор с грейфером	По каналу, заполненному водой	Низинные болота с избытком воды
То же	Минеральный грунт или торф верховых болот небольшой влажности с пнями и без них	То же	До 3 м	Шагающий экскаватор с обратной механической лопатой или грейфером (что хуже)	Вдоль оси канала в торце исполняемого канала	Верховые маловодные, но вязкие болота, где не проходит гусеница
То же	То же, но подсушенный сверху на глубину не менее 2 м	То же	До 4 м	Драглайн	То же	Суглинок и супесь подсушенные

Название поперечного профиля канала	Грунт	Место выгрузки грунта	Глубина выемки	Рекомендуемый тип машины	Место прохода машины	Наилучшие условия для работы рекомендуемой машины
1	2	3	4	5	6	7
Картовые каналы и собирательные каналы, глубиной до 1 м и шириной дна около 0,3 м, трапециoidalные	Торф отчасти с пнями; разной влажности	По обе стороны	До 1,5 м	Обратная лопата 0,25 м <sup>3</sup> на гусеничном ходу	То же	Влажный сфагновый или осоковый торф без пней
Капитальный ремонт каналов глубиной до 1,25 м	Всякий	На берму	Около 1 м	Канавоочиститель Ритчера	По одной из берм в 1—1,5 м от верхнего ребра канала	Каналы в луговом торфу с ровной и широкой бермой
Мелкие до 0,7 м каналы с одинарными откосами	Минеральный сухой, проходимый для гусеничного трактора	На обе бермы	До 0,7 м	Канавокопатель двухотвальный КВ-2 и КВ-3	По оси канала	Влажный суглинистый или супесчаный грунт
То же до 2,2 м глубиной, шириной дна 0,7 м, а также траншеи 0,7 м ширины	То же	На одну сторону по желанию	До 2;2 м	Канавокопатель многоковшовый МК-1	То же	То же

Главнейшие данные о пловучих однокосовых экскаваторах (механическая лопата)  
американского типа

Емкость ковша		Длина (в метрах)		Глубина выемки под водой (в метрах)	Подъем ковша для сброса (в метрах)	Радиус выноса (в метрах)	Размеры понтонов (в метрах)		Средняя производительность в месяц (в кубических ярдах)
в кубических ярдах	в кубических метрах	стрелы	рукоятки				при телескопических береговых упорах	при вертикальных упорах	
3 8	0,28	6,09	4,27	1,83	до 2,13	до 6,09	14,63×3,05×1,22	20 000 27 000 37 000 37 000 47 000	
		6,55	4,52	2,00	» 2,43	» 6,70	14,63×3,35×1,22		
3 4	0,57	7,62	5,18	2,20	» 2,74	» 7,62	14,63×3,66×1,22		
		7,62	5,79	2,44—3,04	» 2,43	» 7,62	16,50×3,66×1,30		
1	0,76	9,14	6,4	2,74—3,66	» 3,20	» 9,45	17,07×4,27×1,30		
		10,67	7,62	3,35	» 3,56	» 10,67	17,07×4,88×1,30		
1 1/2	1,14	9,14	7,31	3,04—3,96	» 3,66	» 10,36	19,81×4,27×1,52		
		10,67	8,23	4,27	» 4,57	» 12,19	20,12×4,88×1,52		
2	1,53	12,19	9,14	4,88	» 5,18	» 13,41	19,81×5,18×1,52		
		13,72	10,06	5,20	» 5,49	» 14,93	21,34×5,79×1,52		
2 1/2	1,92	15,24	10,35	5,79	» 6,40	» 15,24	21,34×6,70×1,52		
		16,76	11,27	6,10	» 7,31	» 16,76	24,38×7,31×1,52		
3	2,31	18,29	12,19	6,20	» 8,23	» 18,29	24,38×7,94×1,52		
		10,67	7,92	3,35	» 4,26	» 12,19	21,94×4,88×1,52		
3 1/2	2,70	12,19	8,53—9,14	до 4,27	» 4,90	» 13,72	22,86×5,49×2,00		
		13,72	9,45—10,06	» 4,88	» 5,79	» 14,93	22,86×6,10×2,00		
4	3,10	15,24	10,36—10,97	» 5,18	» 6,40	» 15,54	24,38×7,32×2,00		
		16,76	10,67—11,19	» 5,50	» 7,31	» 18,29	24,38×7,32×2,00		
4 1/2	3,49	18,29	11,52—12,19	» 6,10	» 7,92	» 19,81	35,91×6,09×2,00		
		19,81	11,42—13,11	» 6,40	» 8,84	» 21,34			
5	3,88	12,19	8,53	» 3,96	» 3,66	» 12,19	25,91×6,70×2,00		
		13,72	9,25	» 4,30	» 4,57	» 13,72	25,91×7,32×2,13		
5 1/2	4,27	15,24	10,36—11,28	» 5,20	» 6,70	» 16,76	25,91×7,92×2,13		
		16,76	11,28—12,19	» 5,79	» 7,60	» 18,53	27,43×8,53×2,13		
6	4,66	18,29	12,19—13,06	» 6,10	» 8,23	» 20,11	27,43×10,35×2,13		
		19,81	13,06—14,02	» 6,70	» 9,10	» 21,64	27,43×10,97×2,13		
6 1/2	5,05	21,34	14,02	» 6,70	» 9,10	» 21,34	30,48×12,19×2,13		
		22,86	15,85	» 7,01	» 0,06	» 22,86	30,48×13,41×2,13		

Емкость ковша	Длина (в метрах)	Глубина выемки под водой (в метрах)	Подъем ковша для сброса (в метрах)	Радиус выноса (в метрах)	Размеры понтонов (в метрах)		Средняя про- изводительность в месяц (в куби- ческих ярдах)	
					при телескопиче- ских береговых упорах	при вертикальных упорах		
2 1/2	1,91	24,38	15,85	до 7,62	до 10,97	до 24,38	30,48×10,97×2,13	30,48×14,02×2,13
		25,91	16,76	» 8,53	» 11,89	» 25,91	30,48×11,52×2,13	33,00×14,63×2,13
		27,48	17,68	» 9,45	» 12,80	» 12,19	25,91×6,70×2,13	25,91×9,14×2,13
		12,19	8,53	» 3,96	» 3,96	» 13,72	27,43×7,31×2,13	27,43×10,36×2,13
		13,71	9,45	» 4,27	» 4,57	» 13,24	27,43×8,53×2,13	27,43×10,97×2,13
		15,24	10,36	» 4,88	» 5,49	» 16,76	27,43×8,53×2,13	27,43×10,97×2,13
		16,76	11,28	» 5,18	» 6,40	» 20,12	29,2×9,45×2,30	29,00×11,28×2,20
		18,29	11,89	» 6,09	» 8,00	» 21,64	29,2×10,06×2,30	30,48×11,89×2,20
		19,81	12,80	» 6,70	» 8,84	» 23,16	30,48×10,67×2,30	30,48×12,50×2,20
		21,34	14,02	» 7,01	» 9,50	» 24,38	30,48×12,19×2,30	35,00×15,24×2,20
		22,86	14,93	» 7,62	» 10,36	» 25,91	30,48×12,80×2,30	27,43×11,58×2,44
		24,38	15,85	» 8,00	» 10,97	» 27,43	27,48×8,53×2,44	27,43×11,58×2,44
25,91	16,76	» 8,53	» 11,89	» 27,43	27,48×9,14×2,44	30,48×11,89×2,44		
3	2,29	27,48	17,68	» 8,53	» 12,50	» 27,43	30,48×12,80×2,44	35,00×15,24×2,20
		18,29	12,19	» 6,09	» 12,80	» 19,81	27,48×8,53×2,44	27,43×11,58×2,44
		19,81	13,11	» 6,40	» 7,31	» 23,50	27,43×9,14×2,44	30,48×11,89×2,44
		21,34	14,02	» 7,31	» 8,23	» 25,91	30,48×10,06×2,44	30,48×11,89×2,44
		22,86	15,15	» 7,70	» 9,75	» 26,82	32,00×11,28×2,44	33,00×13,41×2,44
		24,38	15,85	» 8,23	» 10,50	» 28,50	34,00×12,19×2,44	35,00×14,02×2,44
		25,91	17,07	» 8,60	» 11,28	» 27,43	34,00×12,19×2,44	35,00×14,02×2,44
		27,43	17,98	» 8,84	» 12,08	» 27,43	34,00×12,19×2,44	45,00×14,63×2,44
		18,29	12,19	» 6,09	» 7,31	» 18,29	27,43×9,14×2,44	27,43×11,58
		19,81	12,80	» 6,70	» 8,23	» 19,81	27,48×9,75×2,44	27,43×12,19
		21,34	14,02	» 7,20	» 9,14	» 21,34	30,48×10,36×2,44	30,48×12,80
		22,86	14,93	» 7,62	» 10,06	» 22,86	30,48×10,97×2,44	30,48×13,41
3 1/2	2,67	22,86	15,85	» 8,00	» 10,97	» 24,38	30,48×11,58×2,44	30,48×14,02
		24,38	16,76	» 8,53	» 11,89	» 25,91	34,00×12,19×2,44	34,00×14,63
		25,91	17,68	» 9,00	» 12,80	» 27,43	34,00×12,80×2,44	34,00×15,24
		27,43	17,98	» 9,50	» 13,72	» 27,43	32,00×11,28×2,60	33,00×13,11×2,50
		16,76	9,45	» 7,80	» 10,36	» 25,91		
		18,29	10,36	» 8,00	» 10,97	» 25,91		
		19,81	11,28	» 8,53	» 11,89	» 25,91		
		21,34	12,19	» 9,00	» 12,80	» 25,91		
		22,86	13,11	» 9,50	» 13,72	» 25,91		
		24,38	14,02	» 10,00	» 14,63	» 25,91		
		25,91	15,15	» 10,50	» 15,24	» 25,91		
		27,43	16,28	» 11,00	» 16,76	» 25,91		
4	3,06	22,86	16,76	» 9,50	» 14,63	» 25,91	32,00×11,28×2,60	33,00×13,11×2,50
		24,38	17,68	» 10,00	» 15,24	» 25,91		
		25,91	18,29	» 10,50	» 16,76	» 25,91		
		27,43	19,81	» 11,00	» 17,68	» 25,91		
		16,76	9,45	» 7,80	» 10,36	» 25,91		
		18,29	10,36	» 8,00	» 10,97	» 25,91		
		19,81	11,28	» 8,53	» 11,89	» 25,91		
		21,34	12,19	» 9,00	» 12,80	» 25,91		
		22,86	13,11	» 9,50	» 13,72	» 25,91		
		24,38	14,02	» 10,00	» 14,63	» 25,91		
		25,91	15,15	» 10,50	» 15,24	» 25,91		
		27,43	16,28	» 11,00	» 16,76	» 25,91		

75 000

55 000

## ГЛАВА XIII

### ОСУШЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И КОММУНАЛЬНЫХ ХОЗЯЙСТВ

#### § 91. Требования промышленных и коммунальных предприятий к водно-физическому состоянию грунтов

Ликвидация избыточного увлажнения территорий промышленных предприятий и коммунальных хозяйств производится как в период их строительства, так и при эксплуатации. Различаются и цели осушения: при строительстве они иные, чем для построенного сооружения.

**Задачи осушения строительной площадки.** Задачей осушения строительной площадки является создание наилучших условий для производства работ, что обычно сводится к понижению грунтовых вод при выемке котлованов и обеспечению нормального увлажнения территории самой площадки. Эти меры могут носить как временный (во время строительства), так и постоянный характер. В том случае, когда осушение самих предприятий возможно совместить с осушением в период строительства, необходимо это сделать и провести мелиоративные мероприятия до начала стройки. Отдельно следует обратить внимание на проведение дорог и кюветов перед началом развертывания строительных работ на территории площадки. Это требование следует считать обязательным, так как его выполнение улучшит поверхностный сток и обеспечит нормальную работу транспорта, строительных механизмов и т. д.

**Требования промышленных и коммунальных предприятий к водно-физическому состоянию грунтов.** Эти требования являются решающими для выбора способа осушения.

*а) Обеспечение отвода грунтовых вод или изоляции от них для целого ряда подземных сооружений, условия работы которых не допускают присутствия воды.* К таким сооружениям относятся: угольные ямы, подвалы жилых домов, низко расположенные тоннели, газоубежища, тоннели метро и т. д.

*б) Ликвидация избыточного поверхностного увлажнения.* Необходимо обеспечить отвод поверхностных вод (ливневые осадки, талые воды) в определенные сроки, как сливающихся с крыши зданий, так и непосредственно с дворов, дорог и т. д.

*в) Обеспечение устойчивости сооружений.* Допускаемое напряжение на грунт основания зависит, помимо других его физических свойств, от влажности. Это ясно видно из приводимых ниже (сокращенно) норм строительного проектирования (см. табл. на стр. 590).

Более точные данные могут быть получены в результате лабораторных или полевых исследований (см. т. II «Справочника»).

Зная влажность грунта в основании сооружения при различных глубинах стояния грунтовых вод, определяют допускаемые напряжения и, следовательно, устойчивые размеры сооружений. После этого выбирают наиболее выгодный вариант (большие фундаменты без понижения грунтовых вод и меньше с понижением их).

*г) Санитарные требования.* Промышленно-коммунальная площадка должна удовлетворять требованиям: безопасности от заражения малярией (уничтожение мест выплода комара *Anopheles* — см. специальный раздел) и другим санитарно-техническим требованиям, согласно существующим инструкциям. Близкий к поверхности почвы уровень грунтовых вод создает благоприятные условия (температура и влажность)

Допускаемые давления (в килограммах на 1 см<sup>2</sup>) на грунт оснований при заложении подошвы фундамента ниже поверхности земли на глубину 2 м

№ по порядку	Род грунта	Степень влажности грунта		
		сухой и в естественном состоянии	очень влажный	мокрый, полное насыщение
1	Ил, торф, растительная земля, чернозем . . . . .	1	0,5	0
2	Растительная земля, плотно слежавшаяся . . . . .	2	1	—
3	Слабый глинистый грунт, слабый суглинок со включением ила . . . . .	1	0,5	0—0,6
4	Глинистый грунт, суглинок средней плотности . . . . .	2,5	2,0	1,5
5	Плотно слежавшаяся глина, суглинок плотный . . . . .	3,0	2,25	2,0
6	Особо плотная глина, морена . . . . .	5	4	3,5
7	Песок мелкий с примесью ила . . . . .	1	0,75	0,5
8	Песок мелкий чистый . . . . .	1,5	1	0,5
9	Песок мелкий, плотно слежавшийся . . . . .	2	1,5	1,0
10	Песок средней крупности, плотно слежавшийся . . . . .	2,5	2,0	1,5
11	Песок мелкий разрыхленный . . . . .	1,75	1,25	0,5
12	Песок средней крупности, разрыхленный . . . . .	2,0	1,5	1,0
13	Песок крупный, плотно слежавшийся . . . . .	4,5	4,25	3,5
14	Гравелистый грунт . . . . .	3,5	3,0	2,5
15	Галька средней крупности, плотно слежавшаяся . . . . .	5,0	4,0	3,5

для развития различных бактерий. Перед осушением ставится задача — опустить горизонт грунтовых вод достаточно низко и по возможности обеспечить его стабильность.

Нормы здесь отсутствуют, но, повидимому, можно принять за достаточную для санитарно-технических целей среднюю глубину понижения уровня грунтовых вод от поверхности в 1—2 м с колебаниями от нее на 0,5 м в каждую сторону (для глинистых почв уровень грунтовых вод должен быть опущен ниже, нежели для песчаных).

## § 92. Методы осушения территорий промышленных и коммунальных предприятий при разных естественно-исторических условиях

Методы осушения этих объектов устанавливаются в зависимости от требований хозяйства (см. выше) и водных свойств грунтов, типов водного питания, геологического и гидрогеологического строения и других естественно-исторических условий. Способ осушения может быть правильно выбран лишь для данного конкретного объекта; возможно все же установить наиболее часто встречающиеся характерные условия и указать для них типовые способы осушения.

Помимо условий естественно-исторических, избыточное увлажнение территории может быть обусловлено неправильным или небрежным ведением хозяйства, а именно:

1) отсутствием канализации; вдоль канализационных труб по засыпанным траншеям возможно движение грунтовой воды, и, следовательно, канализационная сеть является своеобразным дренажом; особенно сильно сказывается отсутствие канализации при проведении водопровода;

2) течью водопроводных труб; утечка воды из водопровода способствует повышению грунтовых вод, так как создаются искусственные шапки бугры на их поверхности;

3) наличием на площадке технической сбросной воды с необеспеченным отводом ее (мойка гравия, песка и т. д.).

Прежде чем искать естественные причины увлажнения, необходимо выяснить, не вызвано ли заболачивание указанными причинами, и устранить их.

При избыточной увлажненности, вызванной причинами естественно-исторического порядка, выбор способа осушения может быть произведен лишь после детального изучения всех условий (см. § 9 настоящего раздела). Укажем наиболее часто встречающиеся способы осушения.

**а) Ускорение поверхностного стока.** Этот метод, как правило, должен быть применен на всякой избыточно увлажненной территории промышленного или коммунального хозяйства в порядке благоустройства. Он особенно необходим для плохо проницаемых мощных глинистых грунтов (10—15 м), увлажняемых атмосферными осадками. Метод ускорения поверхностного стока осуществляется посредством планировки поверхности и устройства системы лотков, ливнестоков и сбросных коллекторов, обеспечивающих быстрый отвод поверхностных вод с крыши, панелей, мостовых, дворов, парков, стадионов и т. д.

**б) Понижение уровня грунтовых вод посредством систематического дренажа.** Наиболее подходящими условиями для применения систематического дренажа являются проницаемые фильтрующие грунты большой мощности с близким к дневной поверхности стоянием уровня грунтовых вод. Систематический дренаж в условиях осушения территорий промышленных площадок представляет собой сеть дрен, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. При выборочном дренаже, исходя из естественных причин и условий расположения зданий, дрены проводят на различных расстояниях одна от другой. Грунтовая вода отводится системой дрен в коллекторы, а последними — в магистральные коллекторы и водоприемники. Применение систематического дренажа может быть рационально также для такого геологического строения, когда мощный фильтрующий слой грунта покрыт сверху плохо проницаемым слоем глины или суглинков малой (до 2 м) мощности, чем создается некоторая напорность грунтовых вод.

**в) Выборочный (в данном случае) головной дренаж.** Этот дренаж применяется в условиях осушения промышленных площадок и коммунальных предприятий при поступлении на осушаемую территорию как напорного, так и свободного грунтового потоков.

**Головная дренаж** — это крупная (диаметром от 0,4 до 1,5 м) глубоко закладываемая дрена, понижающая на значительную глубину уровень грунтовых вод при большой дальности осушительного действия (в отдельных случаях порядка 1 км).

Применение головного дренажа обычно рационально в следующих геологических условиях:

маломощный (до 4—6 м) свободный грунтовый поток поступает на площадку по хорошо проницаемому грунту;

напорный грунтовый поток поступает на осушаемую территорию, покрытую с поверхности непроницаемым слоем небольшой мощности (2—3 м);

Применение головного дренажа возможно также и в других случаях (мощный свободный поток и т. д.), но наибольший эффект он дает в вышеприведенных условиях.

**г) Осушение помощью линейной системы вертикальных колодцев.** Под линейной системой понимается ряд вертикальных колодцев (больше 3), расположенных в плане по прямой линии и понижающих уровень грунтовых вод.

В зависимости от того, в каком потоке колодцы понижают уровень грунтовых вод — в напорном или безнапорном, эти колодцы называются напорными и безнапорными.

Отвод воды из колодцев может быть осуществлен посредством соединения их верхнего конца с горизонтальной дренажной трубой, куда изливается из них вода. Другим методом является отвод воды из каждого колодца в отдельности посредством сифонных трубок, соединяющихся близ поверхности в один сплошной магистральный водовод.

Отвод воды из водоводов или дрен может быть самотечный или посредством механического водоподъема. Наиболее эффективными являются линейные напорные системы самоизливающихся вертикальных колодцев. Также эффективной является линейная система безнапорных колодцев с сифонным способом отвода воды. Следует отметить, что трубчатые колодцы не всегда доводятся до поверхности подстилающего водоупора, — тогда они называются несовершенными.

**д) Осушение методом комбинированного дренажа.** Комбинированным дренажом называется соединение одиночного дренажа и вертикальных колодцев, в него впадающих.

**е) Осушение отдельных зданий.** В этом случае применяется так называемый кольцевой дренаж, когда дрена окружает осушаемое здание, а вода отводится посредством коллекторов. Существуют и другие методы.

Групповая система вертикальных колодцев основана на том, что они располагаются вокруг здания в определенном порядке и более или менее равномерно понижают уровень грунтовых вод на нужную глубину.

**Шпунты,** забитые до водоупора, изолируют объект от грунтовых вод, преграждая им доступ.

**Гидроизоляция** есть прием осушения части покоевых этажей, которые располагаются ниже уровня грунтовых вод. Гидроизоляция заключается в нанесении по полу и стенам здания нескольких рядов непроницаемых прослоек (рубероида и др.) с особыми непроницаемыми мастиками. Прослойки эти располагаются близ периферии стен и пола. Прием гидроизоляции довольно несложен, если он применяется одновременно с возведением здания, и очень сложен при применении к существующим уже зданиям.

## **§ 93. Типы заболачивания населенных мест и заводских территорий и схемы ликвидации заболачивания**

Методы осушки населенных мест и заводских территорий находятся в зависимости от поступления вод, грунтов поверхностных слоев и гидрогеологического строения. Рассмотрим наиболее характерные случаи.

**А. Непроницаемые (глинистые) поверхностные грунты с глубоким заложением грунтовых вод атмосферного питания имеют исключительно поверхностный сток.** В этом случае посредством планировки и устройства лотков необходимо обеспечить быстрый сток воды, поступающей как с крыш, так и с поверхности панелей, мостовых и дворов.

Для этого панели должны иметь уклон от стен не менее 0,01; мостовые должны иметь выпуклость к середине не менее 0,05 ее ширины. Дворы также должны иметь соответствующую планировку, с поперечным уклоном 0,06. В понижениях должны располагаться лотки, с уклонами не менее 0,02. Лотки поступают в дождеприемники ливневой канализации; глубина их — до 40 см, ширина поверху — до 0,5 м.

**Б. Проницаемые почво-грунты с близким к дневной поверхности стоянием уровня грунтовых вод имеют грунтовое питание.** В таких случаях применяется систематический дренаж. Магистральный коллектор трассируется вдоль улицы, по наибольшему скату местности и по кратчайшему направлению к водоприемнику. Коллекторы-собиратели трассируются вдоль улицы, в направлении горизонталей, и впадают в магистральный коллектор. Расстояния между собирательными коллекторами

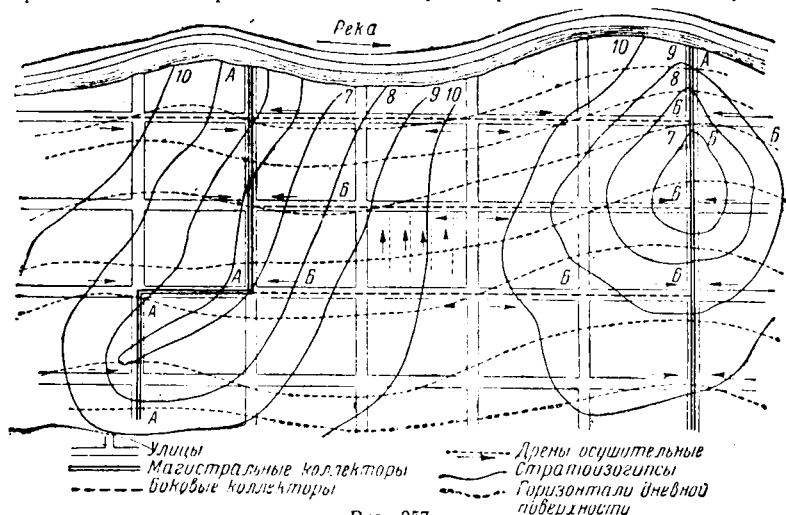


Рис. 257.

определяются шириною кварталов между улицами, по которым прокладываются собиратели (рис. 257).

Магистральные и собирательные коллекторы составляют собою первоочередные элементы осушительной системы. Во многих случаях действие их сказывается настолько благоприятно, что не требуется дальнейшего расширения сети.

Детальная сеть, если она потребуется, располагается внутри кварталов, между строениями так, как показано на рис. 257. Расстояния между дренами определяются по опыту и варьируют от 40 до 100 м.

**В. Под поверхностным непроницаемым слоем небольшой мощности имеется напорный грунтовый поток.** В данном случае избыточное увлажнение может сказываться в следующих направлениях:

а) в капиллярном насыщении верхнего водоупорного слоя при дополнительном увлажнении (от выпадения атмосферных осадков, утечки из водопровода и прочих причин); этот слой делается избыточно увлажненным;

б) в быстром заполнении водою всякого рода выемок и котлованов; это происходит вследствие проникновения напорных вод в такие выемки,

если непроницаемый слой в выемках не создает достаточного сопротивления поступлению напорных вод.

Действие напорного потока можно ликвидировать путем расположения головного дренажа в зоне наибольших пьезометрических напоров.

Г. *Наводнение населенных мест или заводских территорий, имеющих горный водосбор, который дает по временам интенсивный ливневой сток.* В этом случае предохранение площадей от наводнений может быть проведено по нескольким схемам.

1. Проводится нагорный канал, который располагается вдоль верхней границы осушаемой площади. Нагорный канал допустим лишь в том случае, если ему можно придать более или менее спокойный профиль, с правильным уклоном, обеспечивающим постоянную и достаточную (для предотвращения заиления) скорость. Заиление нагорных каналов является основной причиной, заставляющей в ряде случаев отказываться от этого метода предохранения площадей от наводнений.

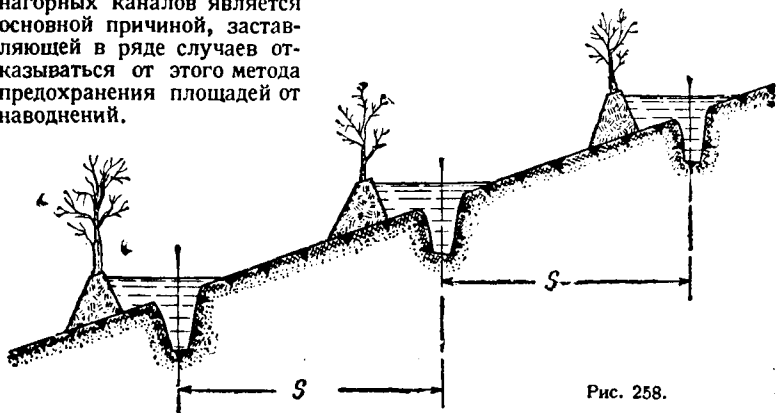


Рис. 258.

2. Террасируется водосбор. Вся поверхность горного водосбора покрывается канавами, располагаемыми вдоль горизонталей. Глубина канав зависит от мощности рыхлого слоя. Наиболее приемлема глубина бессточных канав в 0,6—0,7 м. Отвал земли происходит только на низовую сторону (см. рис. 258).

Канавы могут быть и сточными, с уклоном 0,0002; тогда они выводятся в ближайшие овраги, причем последние закрепляются. Если нет для сброса подходящих оврагов и других естественных русел, то система бессточных канав рассчитывается на поглощение максимального местного ливня за счет емкости образованных канавами и валиками террас. Расстояние между осями сточных канав определяется формулой:

$$Sh = \omega vt + \omega l,$$

где  $S$  — горизонтальное расстояние между валиками в метрах;

$h$  — слой осадков в метрах;

$\omega$  — площадь живого сечения канавы (в квадратных метрах) с учетом заполнения с валиком;

$v$  — средняя скорость (в метрах в секунду) по Шези при  $J = 0,0002$ ;

$t$  — продолжительность ливня в секундах;

$l$  — длина канавы (в метрах) на единицу полосы водосбора вдоль склона.

3. Регулируется сток в верхьях водотока посредством плотин.

Д. Затопление населенных мест паводками реки. В этом случае применяется обвалование затопляемых мест земляными дамбами. Обвалование может предприниматься в виде общего регулирования реки на большом ее протяжении.

В других случаях обвалование проводится частично, причем валом окружают лишь защищаемые от затопления площадки. В большинстве случаев концы валов сопрягают с местными повышениями, причем трасса валов ведется большей частью в зависимости от границ площадки.

## § 94. Конструкции труб для глубоких дренажей

Стоимость выемки траншей для глубокого дренажа составляет значительную часть (иногда 90%) общей стоимости дренажных линий. Поэтому для глубоких дренажей рекомендуется применять трубы солидных конструкций; из них наиболее распространенными являются:

- 1) каменно-керамические трубы,
- 2) бетонные или железо-бетонные трубы,
- 3) деревянные трубы,

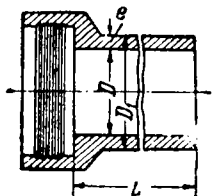


Рис. 259.

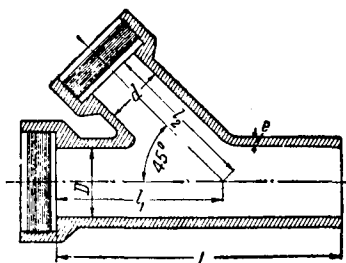


Рис. 260.

1. Каменно-керамические трубы — это водонепроницаемые обожженные трубы из кремнистой глины. Трубы фабрикуются двух сортов:

а) с раструбами и фасонными частями; трубы покрыты снаружи и изнутри глазурью;

б) цилиндрической формы, без раструбов, покрытые глазурью. К этим трубам изготовляются муфты, свободно надевающиеся на трубы.

Поступление воды через каменно-керамические трубы обеспечивается через зазоры при стыках труб у муфт или раструбов. Эти зазоры доходят до 6 мм и заполняются войлоком. Трубы с раструбами выдерживают гидравлическое давление не выше 3—4 атмосфер.

### Общесоюзный стандарт керамических труб ОСТ 69 (рис. 259)

D	e	D <sub>1</sub>	L	D	e	D <sub>1</sub>	L
Размеры в миллиметрах				Размеры в миллиметрах			
125	18	161	800—1 000	400	32	464	800
150	19	188	800—1 000	450	35	520	800
200	22	244	800—1 000	500	38	576	800
250	25	300	800—1 000	550	40	630	800
300	28	356	800—1 000	600	43	680	800
350	30	410	800—1 000				

Тройник в 45° ОСТ 71  
(рис. 260)

Размеры в миллиметрах						Размеры в миллиметрах					
D	d	e	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	L	D	d	e	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	L
150	125	19	350	325	600	400	{ 125	32	525	525	600
200	{ 125	22	400	350	600		{ 150	32	550	550	600
	{ 150	22	425	375	600		{ 200	32	575	550	700
250	{ 125	25	425	400	600	500	{ 125	38	575	575	600
	{ 150	25	450	425	600		{ 150	38	600	600	600
	{ 200	25	475	450	700		{ 200	38	650	625	700
300	{ 125	28	450	425	600	600	{ 125	43	625	650	600
	{ 150	28	475	450	600		{ 150	43	650	675	600
	{ 200	28	500	475	700		{ 200	43	700	725	700

2. Бетонные трубы изготавливаются разных размеров и двух форм поперечного сечения: а) круглые, диаметром (в свету) от 7,5 до 30 см, б) круглые с плоским основанием (рис. 261) диаметром от

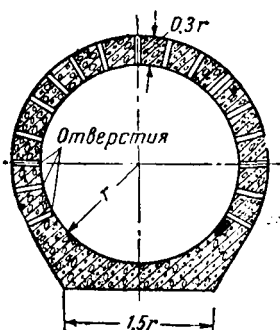


Рис. 261.

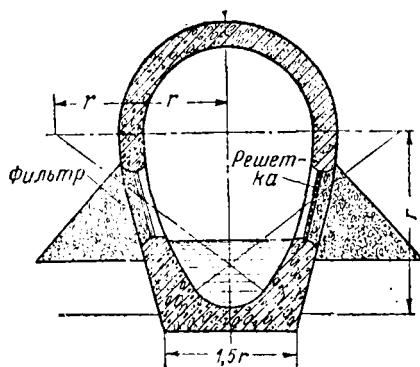


Рис. 262.

40 до 120 см; в) оvoidальные (рис. 262) (760 × 40 см до 300 × 200 см. Бетонные трубы применимы при отсутствии агрессивных вод.

В предупреждение относительного перемещения бетонных труб торцы их снабжаются четвертями или штырями (из круглого железа или труб) диаметром от 8 до 20 мм.

Укладка бетонных труб на место производится не ранее как через 3 месяца после их изготовления. Толщина бетонных труб берется равной 0,3 их радиуса (внутреннего). Присутствие арматуры не влияет на толщину стенок бетонных труб, так как арматура предохраняет трубу только от раскалывания при транспортировке.

Для поступления в них воды бетонные трубы снабжаются отверстиями. В круглых трубах отверстия (0,5 × 5 см) располагаются в шахматном порядке через 20 см в верхней половине трубы.

В оvoidальных трубах прием воды осуществляется фильтрами с бочков трубы, площадью по 0,3 × 0,3 м; фильтры устанавливаются так, как показано на рис. 262.

3. Деревянные трубы применяются главным образом при осушении торфов, где они могут держаться свыше 20 лет. В минеральных грунтах деревянные трубы применяются лишь как временные; при этом необходима прокладка труб за два раза или крезотирование.

Трубы из пластин (рис. 263). Дно и стенки трубы делаются из пластины (20 × 10 см), которые скрепляются шпонками, шириною не менее

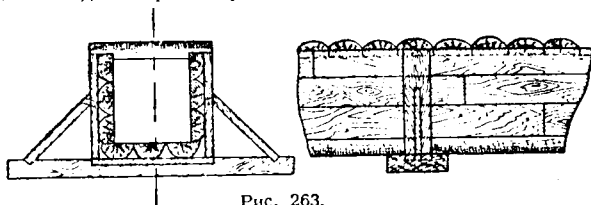


Рис. 263.

15—20 см, через 1—1,5 м. Стыки пластин располагаются в перевязку. Через каждые 2—3 м по дну трубы ставится удлиненный шпироночный брусок, куда опираются подкосы от стенок. Подкосы устанавливаются в случае укладки трубы в неустойчивом грунте, где возможны перекосы трубы. Деревянные трубы всех конструкций необходимо крезотировать, или жирно смазывать за два раза смолой — пиком. Срок службы — около 20 лет.

Кроме описанных конструкций деревянных труб, существует еще ряд более новых (но менее постоянных) конструкций.

4. Гончарные трубы в основном применимы для с.-х. дренажей.

В СССР пока еще не установлены стандарты гончарных труб; наибольшим распространением пользуются трубы диаметром (в свету) 5 и 10 см. Обычная длина гончарных труб — 33 см.

Гончарные трубы везде изготавливаются без глазури.

Основные требования приемы гончарных труб. Трубы должны:

1) иметь строго цилиндрическую форму; 2) иметь правильный обрез; 3) иметь темно-красный цвет; беловато-розовый цвет трубы показывает на недостаточный обжиг труб, а следовательно, характеризует непрочность труб; 4) не иметь трещин.

Гончарные трубы не допускается укладывать глубже 3 м; не укладывают их и под дороги — ввиду недостаточной прочности этих труб.

Подготовка оснований под дренажные трубы. При неустойчивых мягких и текучих грунтах необходимо готовить основание под дренажные трубы, особенно под тяжелые, диаметром более 25 см.

Основаниями под дренажные трубы могут быть:

1) наброска щебня или гравия, слоем 10—25 см, в зависимости от веса трубы; подготовка из щебня применима лишь для песчаных грунтов; в текучих грунтах щебень тонет;

2) стеллажи разной конструкции, в зависимости от состояния грунта и веса труб.

а) Для более легких труб (диаметром примерно 20 см) стеллажи изготавливаются из 2 брусков (рис. 264), соединенных через 1,5—2 м шпонкой.

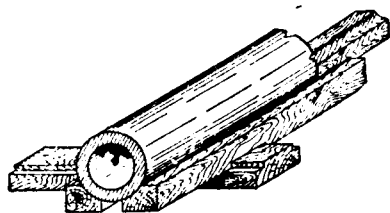


Рис. 264.

б) Для тяжелых труб и зыбких грунтов стеллажи устанавливаются на сваях, забитых в более прочный грунт. Конструкция таких стеллажей видна из рис. 265.

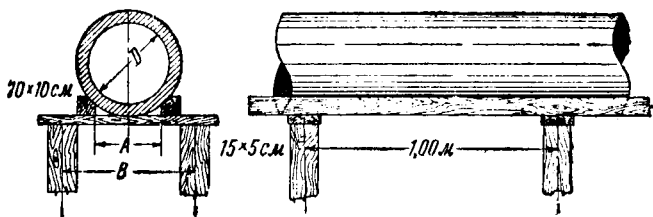


Рис. 265.

## ГЛАВА XIV ПОДТОПЛЕНИЕ ПРИ ГИДРОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

### § 95. Основные понятия

Общим подтоплением называется изменение режима грунтовых вод, вызванное подпором воды в реке после постройки гидротехнического сооружения.

Хозяйственным подтоплением называется повышение уровня грунтовых вод, нарушающее нормальную хозяйственную деятельность человека (например, вызывающее понижение урожайности с.-х. культур, развитие малярии, ухудшение устойчивости промышленных сооружений и т. д.).

Прогнозом подтопления называется предсказание подпертого режима грунтовых вод; на основе прогноза подтопления, с учетом хозяйственной роли подтопляемых и затопляемых земель, стоимости мелиоративных работ и т. д. делается вывод о необходимости и целесообразности борьбы с подтоплением помощью осушительных методов.

Борьба с подтоплением и мелководным затоплением осуществляется помощью обвалования, головных и систематических дренажей, вертикальных колодцев и т. д., т. е. обычными осушительными средствами.

### § 96. Прогноз подтопления

Материалами для расчета «прогноза подтопления» служат: водосборная карта, общее геологическое и гидрогеологическое описание, план местности, геологические профили по расчетным створам, гидрологические и метеорологические данные.

На основании этих данных составляется полная характеристика существующего режима грунтовых вод, а именно: строятся карты гидроизогипс, отнесенные к низкому зимнему горизонту, затем к горизонту в середине снеготаяния, после паводка, летнего и осеннего. Кроме карт гидроизогипс, для характеристики существующего грунтового потока следует построить эпюру расходов, т. е. изменение расходов по длине потока.

Если направление геологического створа не совпадает с направлением линии тока (семейство кривых ортогональное к гидроизогипсам) или грунтовый поток радиален, то следует вырезать мысленно на плане гидроизогипс полосу потока, ограниченную двумя соседними линиями тока, как это показано на рис. 266 (aa' и bb'). Далее по середине этой полосы проводят центральную условную расчетную линию o—o, к которой и относят, на основании анализа ближайших геологических скважин, то или иное строение, затем чертят по ней геологический профиль (см. рис. 267) и наносят на него по карте гидроизогипс

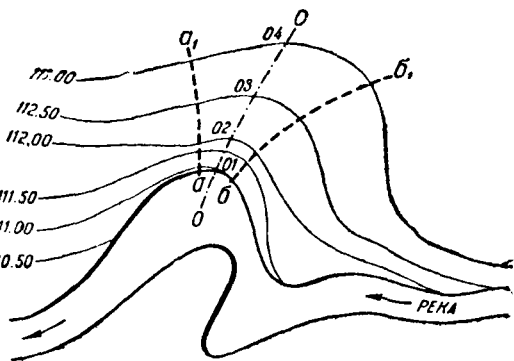


Рис. 266.

поверхность грунтовых вод (z—z на рис. 267). Далее для отдельных участков грунтового потока между створами 1—1, 2—2, 3—3 и т. д. подсчитывают расход по формуле:

$$Q = \frac{b_1 \sum kh_1 + b_2 \sum kh_2}{b_1 + b_2} \cdot \frac{z}{L} \text{ м}^3 \text{ в секунду,} \quad (1)$$

где Q — расход грунтового потока в кубических метрах в секунду на 1 м ширины потока;

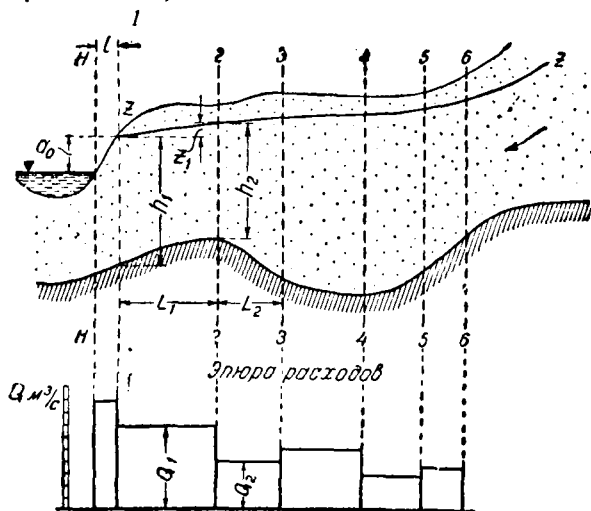


Рис. 267.

$z$  — падение (в метрах) горизонта грунтовых вод между двумя соседними сечениями (например, 1—1 и 2—2);

$L$  — расстояние между этими сечениями по профилю в метрах;

$b_1$  — ширина полосы (в метрах) по направлению гидроизогипсы в сечении 1—1;

$b_2$  — то же в сечении 2—2;

$\sum kh_1$  — сумма произведений коэффициента фильтрации прослоек на их мощность в пределах грунтового потока для сечения 1—1 (берется из профиля рис. 267);

$\sum kh_2$  — то же для сечения 2—2.

Значения расходов  $Q$ , найденные по формуле (1), откладывают по оси ординат, а по оси абсцисс откладывают длины. Получившуюся эпюру расходов лучше всего совместить с геологическим профилем (см. рис. 267).

Эпюра расходов дает возможность установить изменение расхода по длине потока и судить о пополнении его осадками, роли испарения, влиянии канав, озер, оврагов (резкие изменения в эпюре); иногда на основе эпюры можно установить и радиальность (при растекании потока расход его на 1 пог. м уменьшается вниз по течению).

При параллельноструйном потоке и при совпадении его направления с линией геологического створа имеем  $b_1 = b_2$ , и формула (1) переходит в следующую:

$$Q = \frac{\sum kh_1 + \sum kh_2}{2} \cdot \frac{z}{L} \text{ м}^3 \text{ в секунду}; \quad (2)$$

все обозначения — прежние.

Грубо, приближенно:

$$Q = 10^{-9} \cdot L_x \sigma \text{ м}^3 \text{ в секунду}; \quad (3)$$

где  $Q$  — расход грунтового потока на 1 м его ширины в расчетном сечении в кубических метрах в секунду;

$L_x$  — расстояние этого сечения от водораздела в метрах;

$10^{-9}$  — коэффициент размерности;

$\sigma$  — модуль грунтового стока в метрах в секунду с 1 км<sup>2</sup>; этот модуль принимается равным или зимнему расходу реки, деленному на площадь бассейна грунтового питания, или же 0,2 от величины среднегодового модуля стока (по карте Кочерина).

Имея перечисленные выше данные, можно охарактеризовать полностью существующий режим грунтовых вод.

### *А. Способы, в которых в основу прогноза положен стабильный горизонт грунтовых вод до подпора*

1. **Метод Кене.** Кладя в основу расчета замеренную до подпора естественную кривую депрессии, пишут для сечения 1—1 (рис. 268):

$$Q = k \cdot J_1 \cdot h_1 \text{ м}^3 \text{ в секунду}. \quad (4)$$

Здесь  $Q$  — расход грунтового потока в кубических метрах в секунду на 1 пог. м ширины;

$k$  — коэффициент фильтрации в метрах в секунду;

$h_1$  — мощность (в метрах) потока до подпора в сечении 1—1;

$J_1$  — уклон поверхности грунтового потока там же.

Считая, что водоупор расположен достаточно близко, принимают: а) расходы до и после подпора одинаковыми, б) коэффициент фильтрации до и после подпора также равным. В этом же сечении после подпора:

$$Q' = k' \cdot h_1' J_1' \text{ м}^3 \text{ в секунду,} \quad (5)$$

где буквы со значками «прим» относятся к элементам потока после подпора. В силу принятых равенств  $Q = Q'$  и  $k = k'$  имеют:

$$h_1 J_1 = h_1' J_1', \quad (6)$$

откуда, зная  $h_1, J_1, h_1'$ , находят  $J_1'$ .

Разбив геологический профиль на участки, ведут расчет по участкам от реки, в сторону водосбора, причем за первое сечение принимают вертикаль, проведенную через урез воды в реке. Переходя от участка к участку, получают подпертое положение грунтовых вод.

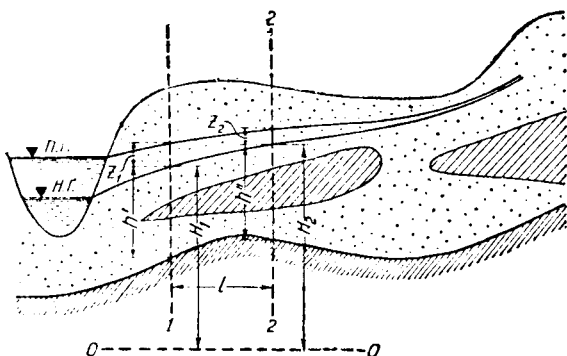


Рис. 268.

Способ Кене: 1) не учитывает изменения расхода до и после подпора, 2) принимает однородное строение грунтов ( $k = k'$ ), 3) в основу расчета по участкам принимает формулу равномерного движения ( $Q = khJ$ ), тогда как в природе обычно условия другие.

В силу изложенного метод Кене определения подпора грунтовых вод дает лишь грубо приблизительные данные.

**2. Способ Каменского.** Проф. Каменским предложен ряд формул расчета подпора грунтовых вод; все формулы основаны на следующих положениях:

а) расход грунтового потока на расчетном участке до подпора и после подпора одинаков (частный случай изменения расхода — смещение водораздела рассматривается проф. Каменским лишь для одного случая — горизонтального водоупора и однородного грунта);

б) за основную расчетную формулу принимается формула приближенного интегрирования дифференциального уравнения движения грунтовых вод;

в) за исходную расчетную величину принят замеренный горизонт грунтовых вод до подпора.

Приводим наиболее общую формулу проф. Каменского, отсылая интересующихся деталями к специальной литературе. Согласно рис. 268 (в обозначениях Каменского):

$$q = \frac{\sum k'h' + \sum k''h''}{2} \cdot \frac{(H_2 - H_1)}{l_1} =$$

$$= \left[ \frac{(\sum k'h' + z_1 k'_n) + (\sum k''h'' + k''_m \cdot z_2)}{2} \right] \cdot \left[ \frac{(H_2 + z_2) - (H_1 + z_1)}{l_2} \right], \quad (7)$$

где  $q$  — расход грунтового потока между сечениями 1—1 и 2—2 до и после подпора в кубических метрах на 1 пог. м ширины;

$\sum k'h'$  — сумма произведений мощностей отдельных прослоев на их коэффициент фильтрации в пределах грунтового потока в сечении 1—1 (в кубических метрах в секунду);

$\sum k''h''$  — то же для сечения 2—2;

$H_1$  и  $H_2$  — отметки горизонта воды в сечениях 1—1 и 2—2 до подпора в метрах;

$l_1$  — расстояние между расчетными сечениями до подпора в метрах;

$l_2$  — то же после подпора (при смещении уреза  $l_1 \neq l_2$ );

$z_1$  — величина повышения (в метрах) горизонта грунтовых вод в результате подпора в сечении 1—1 (величина известная);

$z_2$  — искомое повышение горизонта грунтовых вод в сечении 2—2 в метрах;

$k'_n$  и  $k''_m$  — коэффициенты фильтрации грунтов в пределах подпоров для сечений 1—1 и 2—2 в метрах в секунду.

Расчет подпорной кривой по этой формуле производят постепенно, идя от реки к водосбору по участкам, причем каждый раз, зная  $h'$ ,  $k'$ ,  $k''$ ,  $h''$ ,  $H_2$ ,  $H_1$ ,  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $z_1$ ,  $k'_n$  и  $k''_m$ , находят  $z_2$  (подбором или решая уравнение 7). Имея  $z_2$ , считают сечение 2—2 за нижнее (уже известное) и определяют подпор для следующего участка; так поступают до тех пор, пока не определят положение всей подпорной кривой.

Способ (Каменского) определения подпорной кривой обладает следующими недостатками:

1) он не учитывает изменения расхода грунтового потока после подпора;

2) подпорная кривая, подсчитанная по этому способу, в силу сокращения расхода и невозможности учета испарения и других естественных факторов копирует кривую до подпора, сколь бы случайна она ни была.

В силу изложенного, применение формулы Каменского ограничено рядом частных случаев: узкая пойма, глубокое стояние грунтовых вод и т. д.

## **Б. Способы расчета подпорных кривых, исходящие из расхода грунтового потока**

### **1. Применение формулы Форхгеймера (рис. 269):**

$$JL = H_0 \ln \frac{H_0 - h_z}{H_0 - h_1} - h_1 + h_z; \quad (8)$$

где  $q$  — расход грунтового потока в кубических метрах на 1 пог. м;

$k$  — коэффициент фильтрации в метрах в секунду;

$J$  — уклон водопора;

$H_0$  — глубина равномерного режима при уклоне  $J$  и коэффициенте  $k$ ,

$$\text{т. е. } H_0 = \frac{q}{kJ};$$

где  $h_2$  — глубина грунтового потока в нижнем сечении ( $h_2$  — известно) в метрах;

$h_1$  — искомая глубина в сечении  $b-b$  в метрах.

Зная  $h_1$ ,  $q$ ,  $k$ ,  $j$ ,  $L$ , определяют  $h_2$  подбором (из уравнения 8).

Значение  $q$  проф. Брудастов рекомендует находить двумя путями: а) по геологическому разрезу ищут глубину равномерного режима на склонах коренного берега вне подпора ( $H_M$ ) и принимают  $q = kJH$ , где  $k$  — коэффициент фильтрации,  $J$  — уклон водоупора;

б) по непосредственному определению расхода грунтового потока. Определение подпорной кривой по формуле Форхгеймера ведется по участкам с одинаковыми уклонами водоупора, причем в этом случае нет надобности знать поверхность грунтовых вод до подпора (в

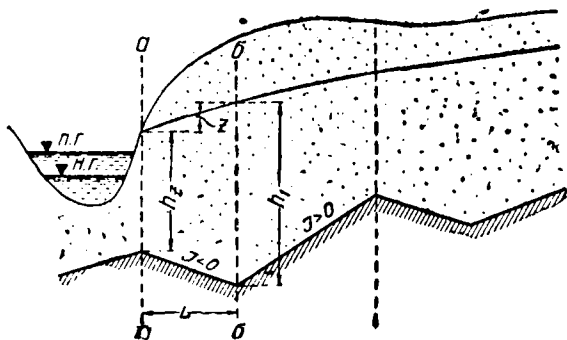


Рис. 269.

расчет она не входит). Основой этого способа является введение, в качестве переменной величины, расхода грунтового потока.

Применение формулы Форхгеймера ограничено, так как формула не учитывает разнородности грунтов, изменения расхода потока по его длине, высоты выклинивания при выходе в реку и т. д.

Формулы Форхгеймера, Павловского и Люгера для неравномерного режима грунтовых вод (с наклонным водоупором) являются идентичными; они лишь записаны в различной форме. Эти формулы были выведены еще Дюпюи, но не получили такого широкого распространения, как его формула горизонтальной фильтрации.

2. Способ «эпюры расходов» (разработан инж. Аверьяновым). Выше были указаны материалы, необходимые для полной характеристики грунтового потока до подпора (см. стр. 599). В их числе имеются и эпюры расходов, дающие возможность установить существующие значения расхода грунтового потока по его длине.

Чтобы учесть изменения эпюры расходов, вызванные подтоплением, следует определить смещение водораздела грунтовых вод. Зная смещение водораздела, уменьшают ординаты эпюры расходов пропорционально приближению водораздельной точки. Также учитывают возможное пересечение грунтовым потоком понижений, тальвегов, каналов и т. д. и уменьшение расхода вследствие этого. Уменьшение расхода можно приближенно учесть формулой Хопфа и Трефца:

$$Q_k = Q \cdot \frac{l}{H} \quad (9)$$

где  $Q_k$  — расход, перехватываемый канавой, тальвегом и т. д.; в кубических метрах в секунду;

$Q$  — расход грунтового потока выше канавы в кубических метрах в секунду;

$t$  — глубина врезки канавы или понижения в грунтовой поток (в метрах);

$H$  — мощность грунтового потока в метрах.

Расход грунтового потока после подпора уменьшится также за счет увеличения испарения после приближения уровня грунтовых вод к дневной поверхности. Это обстоятельство начинает играть решающую роль при стоянии грунтовых вод на глубине менее 1 м от поверхности.

И в и ц к и й указывает на увеличение испарения с приближением уровня грунтовых вод к дневной поверхности; он учитывает это увеличение введением (в формулу испарения) показателя  $A$ :

$$A = \frac{1}{e^{kH}} \text{ м}; \quad (10)$$

где  $e$  — основание натуральных логарифмов;

$H$  — глубина стояния грунтовых вод от поверхности в метрах;

$k$  — коэффициент, равный для условий торфяных почв Минской опытной станции от 1,3 до 1,5.

Проанализировав уменьшение величины расхода, которое произойдет в результате подпора (смещение водораздела, фильтрация в понижения местности, увеличение испарения и др.), соответствующим образом изменяют эпюру расходов существующего грунтового потока; в результате получают расчетную эпюру расходов, т. е. предполагаемые после подпора значения расходов для различных участков потока.

### Определение нижнего расчетного сечения

Теоретически доказано и подтверждено многочисленными наблюдениями, что при поступлении грунтового потока в реку или канал наблюдается разрыв между местом выхода

кривой депрессии на откос реки или канала и горизонтом воды в них. Между самыми верхними струйками грунтового потока и урезом воды имеется участок выклинивания; он характеризуется стоком по откосу в реку просочившейся грунтовой воды в виде отдельных струек. Разница отметок между точкой выхода самых верхних струек грунтового потока (без учета капиллярных сил) на откос реки и горизонтом воды в реке называется высотой выклинивания и обозначается как  $a_0$ .

Определение высоты выклинивания для близкого водоупора (когда поверхность водоупора выше дна реки) может быть произведено по нескольким формулам.

1. Формула Павловского (рис. 270):

$$A = m \cdot \frac{Q}{k} \text{ м}, \quad (11)$$

где  $m$  — коэффициент откоса;

$Q$  — расход грунтового потока в кубических метрах в секунду на 1 пог. м;

$k$  — коэффициент фильтрации в метрах в секунду.

$$A = a_0 \left( 1 + 2,303 \lg \frac{h_0 + a_0}{a_0} \right) \text{ м}, \quad (11')$$

где  $a_0$  — высота выклинивания в метрах;

$h_0$  — глубина воды в реке над поверхностью водоупора (в месте выхода его в реку).

Так как  $m$ ,  $Q$ ,  $k$  и  $h_0$  известны, то определяется  $a_0$ .

Для практического пользования приводим таблицу значения  $A$  как функции  $a_0$  и  $h_0$ .

Таблица значений функции  $A$  в формуле Павловского для определения высоты выклинивания

$h_0 \backslash a_0$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,01	0,01	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
0,05	0,05	0,20	0,24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,30	0,31	0,31
0,10	0,10	0,34	0,40	0,44	0,47	0,49	0,51	0,53	0,54	0,55	0,56
0,20	0,20	0,56	0,68	0,75	0,81	0,85	0,89	0,92	0,94	0,97	0,99
0,40	0,40	0,90	1,12	1,26	1,36	1,44	1,51	1,57	1,62	1,67	1,70
0,60	0,60	1,18	1,48	1,67	1,82	1,94	2,04	2,12	2,20	2,26	2,31
0,80	0,80	1,43	1,76	2,03	2,23	2,38	2,51	2,62	2,72	2,80	2,88
1,00	1,00	1,69	2,10	2,39	2,61	2,79	2,95	3,08	3,40	3,60	3,80
1,50	1,50	2,27	2,76	3,15	3,45	3,69	3,92	4,10	4,26	4,43	4,54
2,00	2,00	2,80	3,38	3,84	4,20	4,52	4,78	5,00	5,22	5,40	5,58

2. Формула Ризенкампа применяется также для близкого водоупора при условии, что водоупор выше горизонта воды в реке:

$$a_0 = \frac{Q}{k} \cdot \frac{1}{\beta (1 - 0,44 \beta)} \text{ м}, \quad (12)$$

где  $\beta$  — угол откоса реки с горизонтом в радианах ( $\beta = \frac{3,14}{180} \cdot n$ , где  $n$  — тот же угол в градусах).

3. Приближенная формула для глубокого водоупора (см. рис. 270).

$$a_0 = \frac{Q}{k} \cdot \frac{1}{\psi}, \quad (12')$$

где  $a_0$ ,  $Q$  и  $k$  имеют прежние обозначения.

Коэффициент  $\psi$  при широкой реке равен:

$$\frac{B}{2T} > 1,$$

где  $B$  — ширина реки;  $T$  — глубина залегания поверхности водоупора; она зависит только от отношения  $\frac{l}{T}$ , где  $l$  — расстояние по горизонтали от уреза воды до верхней точки выклинивания. Теоретическая формула для  $\psi$  сложна, но  $\psi$  примерно может быть взято из следующей таблицы (инж. Аверьянова):

Таблица значений коэффициента  $\phi$  для определения высоты выклинивания

$\frac{l}{T}$	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,3
$\phi$	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,52	0,55	0,57	0,61	0,65	0,69	0,75	0,81
$\frac{l}{T}$	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,01	0,005	0,001	0,0002	
$\phi$	0,88	0,96	1,07	1,19	1,37	1,65	2,14	2,6	3,5	4,0	5,0	6,0	

Расчет по формуле (12') ведется подбором. Задаются значением  $a_0$  и по профилю находят соответствующее  $l$  (или если можно откос реки выразить заложением  $m$ , то  $l = a_0 m$ ). Зная глубину залегания водоупора  $T$  и отношение  $\frac{l}{T}$  (по предыдущей таблице), находят значение  $\phi$ .

Затем по формуле (12') проверяют значение  $a_0$ , равно ли оно первоначально заданному. Если не равно, то продолжают подбор до совпадения.

По приведенным формулам, зная  $Q$ ,  $k$ ,  $m$ ,  $T$ , и  $h_0$ , находят высоту выклинивания  $a_0$  и, следовательно, место выхода поверхности грунтовых вод на откос реки.

За первое начальное сечение грунтового потока при расчете кривых подпора следует брать вертикаль, проходящую через точку выхода кривой депрессии на поверхность (откос реки), но не сечение, проходящее через урез воды. Установив нижнее расчетное сечение, переходят от участка к участку и определяют значения падений поверхности грунтовых вод. Расчет подпора в этом случае ведется по следующим формулам:

а) для однородного грунта:

$$Q_0 = \frac{k(h_1 + h_2)}{2} \cdot \frac{z}{L} \text{ м}^3 \text{ в секунду}; \quad (13)$$

$$h_1 = z + h_2 \mp JL \text{ м}. \quad (14)$$

Сравнивая формулы (13) и (14), получаем выражение для падения горизонта грунтовых вод от сечения  $a-a$  до  $b-b$  (см. выше, рис. 269).

$$z = \pm \frac{JL}{2} - h_2 + \sqrt{\left(h_2 \mp \frac{JL}{2}\right)^2 + \frac{2LQ_0}{k}} \text{ м}. \quad (15)$$

(знак плюс в формулах 14—15 относится к прямому уклону поверхности водоупора, знак минус — к обратному).

В формуле:  $z$  — падение поверхности грунтовых вод от сечения  $b-b$  до сечения  $a-a$  в метрах;

$J$  — уклон поверхности водоупора;

$L$  — расстояние между сечениями в метрах;

$h_2$  — горизонт воды в нижнем сечении (величина известная);

$Q_0$  — расход грунтового потока (в кубических метрах в секунду) на данном участке, взятый с расчетной эпюры расходов (см. выше);

$k$  — средний коэффициент фильтрации грунта.

Найдя по формуле (15) значение  $z$ , подставляют его в формулу (14) и получают глубину грунтового потока в сечении  $b-b$ . Далее эту глубину уже принимают как известную и переходят к следующему участку и т. д.

б) Для *разнородного строения грунтов* подсчет усложняется и ведется по формулам:

$$Q_0 = \frac{K_1 h_1 + K_2 h_2}{2} \cdot z \cdot L \text{ м}^3 \text{ в секунду}; \quad (16)$$

$$z = \pm \frac{JL}{2} - h_2 \left( \frac{1+\beta}{2} \right) + \sqrt{\left[ h_2 \left( \frac{1+\beta}{2} \right) - \frac{JL}{2} \right]^2 + \frac{2LQ_0\beta}{K_2}}; \quad (17)$$

$$K_1 = \frac{\sum(kh)_1}{h_1}; \quad (18)$$

$$K_2 = \frac{\sum(kh)_2}{h_2}; \quad (19)$$

$$\beta = \frac{K_2}{K_1}. \quad (20)$$

Расчет по этим формулам ведется подбором. Здесь известна глубина потока в нижнем сечении —  $h_2$ ; зная  $h_2$ , определяют значение  $K_2$  по формуле (19). Далее, полагая для первого приближения, что коэффициенты фильтрации в сечении 1—1 и 2—2 одинаковы, принимают  $\beta = 1$ . Тогда формула (17) регрессирует в формулу (15) для однородного строения пойм, подсчет подпора  $z$  по которой весьма прост. Найдя по формуле (15) значение  $z$ , ищут значение  $h_1$  по формуле (14). Так находится первое приближение  $z$  и  $h_1$ . Дальнейшее уточнение происходит следующим образом: для найденного по первому приближению значения  $h_1$  подсчитывают по формуле (18) значение  $K_1$  и по формуле (20) — величину  $\beta$ . После этого значение  $\beta$  подставляют в формулу (17), определяют  $z$  уже более точно (второе приближение) и по формуле (14) опять находят  $h_1$ .

Обычно вполне достаточно одной такой операции; подбор дальше не продолжают, хотя его можно сделать с любой степенью точности. Расчеты удобно свести в следующую таблицу:

Таблица для подсчета кривых подпора

№ участка	№ скважин	Расстояние между скважинами $L$ , м	Отметки кровли водоупора (в метрах)	$JL$ (в метрах)	$Q_0$ в куб. метрах в секунду на 1 пог. м	$h_2$ в метрах	Первое приближение		Второе приближение		Отметка поверхности грунтовых вод
							$z$	$h_1$	$\beta$	$z$	

По отметкам горизонта грунтовых вод строят подпорные кривые для расчетных профилей, соответствующие расчетным эюграм расходом. Так, если подпорные кривые относятся к меженному времени (учитывают при этом испарение, стекание и т. д.), то и горизонт грунтовых вод будет

соответствовать этому времени. По полученным (по профилям) отметкам горизонта грунтовых вод строятся подпорные карты гидронзогипс, которые и являются основным материалом для суждения о размерах подтопления.

### **В. Учет колебания горизонтов грунтовых вод**

Колебания горизонта грунтовых вод вызываются в естественном состоянии: 1) стеканием грунтовых вод в водопроницаки, ручьи, дренажи, канавы и т. д.; 2) пополнением этих вод атмосферными осадками и убылью от испарения; 3) колебанием горизонта воды в водопроницаках и рядом других причин (изменение атмосферного давления и др.).

1) Стеkanie грунтовых вод в условиях длинных потоков (при подтоплении) не играет существенной роли. Подсчеты показывают, что понижение горизонта грунтовых вод за счет их «срабатывания» в условиях подтопления не превышает 0,3—0,4 м.

2) Пополнение грунтовых вод за счет атмосферных осадков и убыль от испарения. Количество довольно трудно учесть этот фактор, но для условий недренированных потоков (динамика грунтовых вод при дренаже — см. раздел «с.-х. дренаж») можно считать изменение горизонта грунтовых вод от просочившихся осадков или испарения равным:

$$\Delta y = \frac{\sum_{T_1}^{T_2} (q - W)}{p - m}; \quad (21)$$

где  $\Delta y$  — повышение или понижение горизонта грунтовых вод за интересующий нас период времени в метрах;

$p$  — порозность грунта в процентах от его объема;

$m$  — средняя влажность слоя грунта в процентах от его объема на глубине от поверхности земли до уровня грунтовых вод;

$\sum_{T_1}^{T_2} (q - W)$  — сумма разностей просочившейся в почву воды и испарения с поверхности почвы за время от  $T_1$  до  $T_2$  (за расчетный интервал) в миллиметрах.

Просочившиеся осадки могут быть приближенно подсчитаны по формуле:

$$q = (1 - \sigma) P \text{ мм}, \quad (22)$$

где  $P$  — выпавшие атмосферные осадки в миллиметрах;

$\sigma$  — коэффициент стока за тот же период.

Испарение с поверхности земли ( $W$ ) может быть грубо подсчитано по данным психрометрических наблюдений и формулам Попова, Ивицкого и др. (см. выше).

Указанные расчеты, не являясь точными, все же в известной мере характеризуют колебания уровня грунтовых вод и отклонения его от среднего положения.

### **Г. Время достижения подпорными кривыми предельных положений**

Приведенные выше методы прогноза подтопления исходят из того положения, что кривые подпора достигли своего предельного положения, т. е. что режим грунтовых вод является установившимся для подпорного

горизонта воды в реке. При этом переходный режим грунтовых вод (от нормального к подпертому) из рассмотрения выпадает; между тем этот вопрос имеет существенное значение, например, при определении сроков выхода подтопленных земель из эксплуатации и в других случаях.

Надежных способов расчета величин, характеризующих переходный режим грунтовых вод и время наступления предельного положения критических подпора, не имеется. Существует лишь формула Лебедева, показывающая приблизительно картину распространения подпора от реки в глубь берега:

$$Z_{k+1} = Z_k + \frac{k}{\mu} \cdot \Delta t \cdot \frac{(\sigma_k - Z_k)^2}{x^2} + \frac{w}{\mu} \cdot \Delta t. \quad (23)$$

Здесь  $Z_{k+1}$  — подпор грунтовых вод (в метрах) на расстоянии  $x$  м от реки в конце расчетного интервала времени;

$Z_k$  — то же, но в начале расчетного интервала времени  $\Delta t$  секунд;

$k$  — коэффициент фильтрации в метрах в секунду;

$\mu$  — порозность грунта в долях от объема;

$\sigma_k$  — подпор воды (в метрах) в реке, соответствующий началу расчетного интервала;

$w$  — интенсивность инфильтрации осадков в кубических метрах в секунду на 1 пог. м.

Опыт эксплуатации канала Москва — Волга показал, что за 3 года лишь по небольшой части створов подпорные поверхности грунтовых вод достигли своего предельного положения. В большинстве случаев объ м грунтовых вод на канале еще происходит и режим их является пока неустановившимся.

В результате прогноза подтопления определяется необходимость и эффективность мелиоративных мероприятий в связи с нарушением нормальной деятельности хозяйств. Заключение о целесообразности борьбы с затоплением и подтоплением мелиоративными методами производится лишь после всестороннего анализа (в каждом конкретном случае) ущерба народному хозяйству.

## § 97. Борьба с последствиями подтопления

В борьбе с последствиями подтопления применяются следующие осушительные сооружения:

- 1) одиночный (головной) канал или дренаж;
- 2) систематический дренаж;
- 3) глубинный водоотлив;
- 4) кольцевые дренажи и групповые колодцы;
- 5) шпунты и колодцы.

### 1. Выборочный (головной) канал или дренаж

Выборочный довольно крупный канал располагается обычно вдоль берега реки на некотором расстоянии от уреза воды (от 10 до 500 м). Трассу канала или дрены почти всегда лучше вести по пониженным точкам местности. Назначением такого канала является главным образом понижение уровня грунтовых вод и отчасти прием поверхностных вод при осушении поймы. Обычно такой канал бывает рационален при мощной толще проницаемого грунта, но с успехом заменяется (для напорного потока) системой вертикальных колодцев (комбинированным горизонтальным дренажом).

Для канала вблизи реки расчет по обычным формулам при конечной глубине водоупора не дает вполне удовлетворительного решения; поэтому здесь следует прибегнуть к приближенному способу расчета (рис. 271).

Расход грунтовых вод, поступающий в канал с двух сторон — со стороны реки и со стороны водосбора, может быть подсчитан по нескольким формулам.

а) Расход со стороны реки по формуле Дюпюи:

$$Q_1 = \frac{k(H^2 - h_0^2)}{2L} \text{ м}^3 \text{ в секунду,} \quad (24)$$

где  $k$  — осредненный коэффициент фильтрации в метрах в секунду;

$H$  и  $h_0$  — горизонты воды в реке и канале над поверхностью водоупора в метрах,

$L$  — расстояние от реки до канала в метрах;

$Q_1$  — расход в канал со стороны реки в кубических метрах в секунду на 1 пог. м;

б) со стороны водосбора расход грунтового потока определяется при прогнозе подтопления (см. выше стр. 603); он может быть взят из расчетной эпюры расходов. Если он равен  $Q_0$  м<sup>3</sup> в секунду на 1 пог. м, то полный расход канала:

$$Q_{\text{кан.}} = Q_1 + Q_0. \quad (25)$$

Положение горизонта воды между рекой и каналом обычно мало интересует проектировщиков, но очень важно знать горизонт воды за каналом в сторону поймы. Ввиду отсутствия точного способа приблизительный подсчет работы всякого канала может быть произведен так. Расчетами и опытами

(лабораторными) доказано, что искривление струй при поступлении грунтовой воды в канал обычно сказывается на полосе в 20—50 м. Дальше от канала движение идет параллельно струейно, что позволяет применять для подсчета поверхности грунтовых вод обычные формулы прогноза подпора (см. выше). В пределах же 20—50 м от канала можно применить формулу инж. Аверьянова для работы канала при глубоком водоупоре (см. ниже). При этом можно, при наличии воды в канале, отсчитывать условно все ординаты кривой депрессии не от дна канала, а от горизонта воды в нем.

Формула Аверьянова имеет такой вид:

$$y = 0,733 \cdot \frac{Q}{k} \lg 5,436 \frac{xk}{Q} \text{ м.} \quad (26)$$

Полагая в формуле  $x=l$  и  $y=S$ , где  $S$  — заглубление канала в ненониженный прогнозный уровень грунтовых вод, находят подбором из формулы (26) значение  $\frac{Q}{k}$ , т. е. приведенный расход в канал с двух сторон. Для построения левой ветви (между каналом и рекой) кривой депрессии следует брать найденный условный расход  $\frac{Q}{k}$ , а для

построения правой ветви (на 20—50 м) берут значение приведенного расхода условно  $\frac{Q}{2k} + \frac{Q_0}{k}$ .

Далее, зная величины расходов для левой и правой ветвей кривой депрессии и задаваясь различными  $x$ , находят соответствующие  $y$ . Вычитая их из  $S$ , получают понижения, вызванные каналом на разных расстояниях от него. Откладывая понижения от прогнозной поверхности грунтовых вод, получают кривые депрессии при работе канала (между каналом и рекой и на 20 — 50 м вправо от канала).

Так находят отметку поверхности грунтовых вод в расчетном сечении 1—1. Далее, зная уже эту отметку и считая ее известной, определяют, идя от этого сечения вверх — к водосбору — по участкам, поверхности грунтовых вод после сооружения канала (пониженная кривая депрессии уровня грунтовых вод). Определение ведут так, как это делали в прогнозе подтопления (т. е. по формулам 13—20). Выгодность применения этих формул заключается в том, что по ним возможно учесть естественные местные факторы, опускаемые обычно другими формулами (уклон водопора, слоистость грунта и т. д.). Отметим, что при расчетах кривой депрессии на пойме по формулам (13—20) расход следует подставлять уже не  $Q_0$ , как для поверхности расчета грунтовых вод близ канала, а брать значение  $Q_0$  с расчетной эпюры расходов.

Полученные приближенные решения можно рекомендовать ввиду отсутствия сколько-нибудь удовлетворительных более точных решений.

Согласно простому, но грубо приближенному правилу головной канал при подтоплении делают такой глубины, чтобы горизонт воды в нем стоял на 0,5 м ниже уровня грунтовой воды до подпора в месте его постройки. Этой глубины канала в большинстве случаев бывает достаточно для понижения уровня грунтовых вод до его подпорного состояния.

Сброс воды из головных каналов может быть самотечным и механическим. Самотечные каналы доводятся обычно до нижнего бьефа плотины. Самотечный канал, по условиям работы его для понижения грунтовых вод, а также в случае пересечения оврагов и др., бывает обычно глубиной до 3—6 м. При таком заглублении и небольшом расходе канала от притока грунтовых вод более рациональной формой является закрытый одиночный (головной) дренаж. При проектировании головного канала следует обратить внимание на самотечный сброс паводковой воды из притоков, тальвегов и т. д. непосредственно в водохранилище с тем, чтобы они не попадали в головной канал.

При механической откачке воды из головного канала или дрены при наличии электроэнергии выгоднее дробить число станций перекачки и ставить их в местах пересечения каналом крупных притоков. В этом случае канал приобретает меньшие глубины и более выгодный профиль. Так как насосные станции работают при сбросе паводковых вод с острым сезонным пиком, то выгоднее для их разгрузки часть мелиорируемой площади использовать под временные бассейны аккумуляции паводковых вод.

## 2. Глубинный водоотлив

Для этого случая имеется решение Ф. Форхгеймера (см. рис. 272).

$$Q = \frac{\pi [2q_0 b - k (h^2 - h_0^2)]}{Sh \frac{\pi b}{a} \ln \frac{\pi r_0}{2a}} \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (27)$$

где  $Q$  — расход одного колодца в кубических метрах в секунду;  
 $q_0$  — расход со стороны водосбора (берется по эюре расходов) в кубических метрах в секунду на 1 пог. м;  
 $b$  — расстояние между колодцами в метрах;  
 $2a$  — расстояние линейной системы от реки в метрах;  
 $r_0$  — радиус колодца в метрах;  
 $h$  — горизонт воды (в метрах) в водоприемнике, отсчитанный от поверхности водоупора;  
 $h_0$  — то же в колодце;  
 $k$  — коэффициент фильтрации в метрах в секунду;  
 $Sh$  — гиперболический синус (см. «Справочник», том 1);  
 $\ln$  — натуральный логарифм (см. там же).

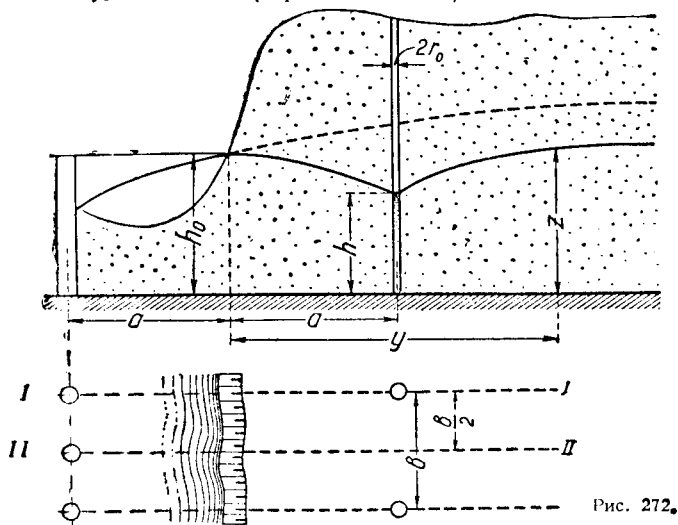


Рис. 272.

Для сечения 1—1 (см. рис. 272), проходящего через колодезь перпендикулярно к реке, действительна формула:

$$z^2 - h_0^2 = \frac{Q}{\pi k} \cdot \ln \frac{Sh \frac{\pi(y-b)}{2a}}{Sh \frac{\pi(y+b)}{2a}} + \frac{2q_0}{k} y, \quad (28)$$

где  $z$  — превышение данной точки поверхности грунтовых вод над водоупором в метрах;

$y$  — расстояние этой точки от реки в метрах;

$Q$  — расход 1-го колодца, найденный по формуле (27).

Для плоскости II—II, проходящей перпендикулярно к реке по середине между колодцами (более высокое положение поверхности грунтовых вод), действительна формула:

$$z^2 - h_0^2 = \frac{Q}{2\pi k} \cdot \ln \frac{Ch \frac{\pi(y-b)}{a} - \cos \frac{\pi a}{b}}{Ch \frac{\pi(y+b)}{a} - \cos \frac{\pi a}{b}} + \frac{2q_0}{k} \cdot y, \quad (29)$$

где обозначения те же, а  $Sp$  — гиперболический косинус (см. «Справочник», т. 1).

Две кривые депрессии — в плоскости колодцев I—I (самая низкая кривая) и между ними II—II (самая высокая) вполне определяют поверхность грунтовых вод.

Пользуясь формулами (27), (28), (29), можно найти расстояние между колодцами, расстояние их от реки, глубину понижения грунтовых вод и т. д. Все это однако приходится делать подбором, т. е. задаваться величинами  $2a$ ,  $b$ ,  $h_0$ ,  $r_0$  и находить поверхность грунтовых вод, после чего судить о целесообразности запроектированных элементов.

### 3. Висячие шпунты, или замки

В некоторых частных случаях бывает выгодно устраивать на поймах висячие шпунты или замки, частично врезающиеся в грунтовый поток. Такие висячие шпунты создают подпор грунтовых вод выше себя и спад ниже. Примерная величина подпора и спада (они равны) определяется по Ризенкамифу (см. рис. 273):

$$\Delta = S \cdot \sin \beta, \quad (30)$$

где  $\Delta$  — повышение (в метрах) горизонта грунтовых вод выше шпунта и понижение ниже шпунта (относительно непониженного уровня грунтовых вод в этом месте);

$S$  — глубина забивки шпунта под уровень грунтовых вод в метрах;  
 $\beta$  — угол наклона касательной кривой депрессии до сооружения шпунта в месте его забивки.

Как видно из этой формулы, применение шпунтов выгодно при крутых уклонах грунтового потока (например, близ реки) при обваловании.

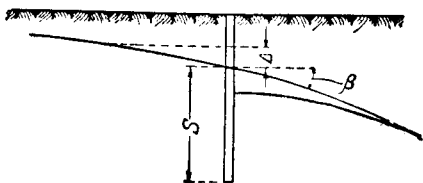


Рис. 273.

## § 98. Обвалование при подтоплении

Сооружение по берегам водохранилища дамб преследует:

- 1) предохранение от временного наводочного затопления в прибрежных зонах; в этом случае дамбы работают лишь в период наводка;
- 2) ограждение от затопления мелководных участков водохранилища;
- 3) предохранение отдельных объектов от постоянного затопления.

При обваловании отдельных объектов и предохранении их от временного и постоянного затопления трасса дамб определяется обычно самой территорией, которую нужно оградить и на которой расположено хозяйство.

Вопрос о необходимости обвалования решается на основе требований народного хозяйства. После того как имеется решение об ограждении территории, выбирают трассу дамб, их высоту, конструкцию и т. д.

При обваловании мелководья (глубины водохранилища меньше, 1,5 м) обычно преследуют цели спасти от постоянного затопления ценные с.-х. земли и предотвратить возможность развития малярийного комара. Площадь мелководий иногда значительна (до 30—40% площади водохранилища), тогда как объем невелик (8—12% от общего объема). Поэтому в большинстве случаев, рациональна ликвидация мелководий обвалованием.

Трасса дамб при обваловании вообще должна проходить по наиболее высоким точкам поверхности земли (гривы, прирусловые валы и т. д.) и избегать пересечения глубоких понижений рельефа: речных долин, западин и т. д. Сооружение дамб на торфе возможно только после детальных исследований последнего как материала основания. При обваловании мелководья дамбы располагаются в плане примерно по линии глубины зоды в водохранилище, принятой за критическую (например, 1,5 м) из условия развития малярийного комара (анофелеса); так же принимают в расчет и другие условия, как-то: емкость водохранилища, ценность ограждаемых земель и т. д.

Дамбы желательно располагать параллельно продольной оси водохранилища.

Концы дамб должны сопрягаться с естественными высокими элементами рельефа.

Отметки гребней дамб выбираются на основании водохозяйственных, гидравлических, гидрологических расчетов с учетом возможности затопления дамб и т. д. При впадении притоков последние, как правило, обваловываются аналогично основной реке, до выклинивания подпора.

Обвалование постоянных затоплений, а также мелководий должно сопровождаться водопонижающими сооружениями за дамбами. Для суждения о необходимости понижающих сооружений надо знать интенсивность фильтрации через дамбы и режим грунтовых вод на обвалованной пойме.

### 1. Фильтрация из обвалованной реки на пойму

Схема фильтрации из обвалованной реки на пойму может быть представлена по рис. 275 (стр. 617) как частный случай напорной фильтрации для непроницаемых дамб и свободного грунтового потока для дамб проницаемых. Для первого случая, т. е. полагая дамбы практически малопроницаемыми по сравнению с грунтом поймы, решение (при некоторой схематизации) имеется. Для случая проницаемых дамб можно принять то же самое решение, прибавив (условно) к фильтрующемуся расходу расход через тело дамбы (по рекомендации акад. Павловского).

Введем обозначения (рис. 274):

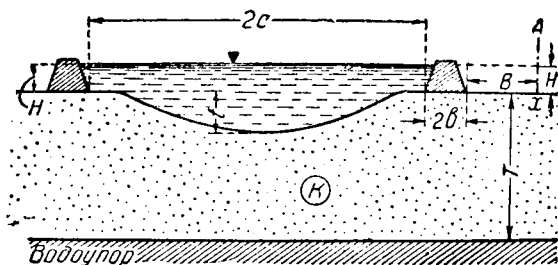


Рис. 274.

- $T$  — глубина залегания водоупора от поверхности поймы в метрах;
- $2c$  — ширина реки в метрах;
- $2b$  — ширина дамбы по основанию в метрах;
- $k$  — коэффициент фильтрации грунта, слагающего пойму, в метрах в секунду;

$B$  — расстояние (в метрах) от края дамбы до точки  $A$  на поверхности поймы, в которой ищется расход;

$Q$  — расход фильтрационной воды, фильтрующейся из реки на поверхность поймы от края дамбы до точки  $A$  в кубических метрах в секунду на 1 пог. м длины дамбы;

$q$  — интенсивность инфильтрации расхода (скорость фильтрации) в исследуемой точке в кубических метрах в секунду на 1 м<sup>2</sup>.

Дадим здесь решение (Аверьянова) для случая очень широких рек (ширина реки  $2c > 200$  м). В этом случае расход на полосу поймы шириной  $B$  м равен:

$$Q = k \cdot \psi_r \cdot H \text{ м}^3 \text{ в секунду,} \quad (31)$$

а инфильтрация (подпитывание снизу)  $q$  равна:

$$q = k \cdot q_r \cdot H \text{ м}^3 \text{ в секунду.} \quad (32)$$

Здесь  $Q$ ,  $q$ ,  $k$  имеют указанные выше обозначения, а  $H$  — напор, т. е. разность отметок настоящего расчетного горизонта воды в водохранилище и отметки поймы.

$\psi_r$  и  $q_r$  — коэффициенты, зависящие от  $b$ ,  $T$ ,  $B$ ;

$$\psi_r = \frac{1}{2K} \cdot F \left( \sqrt{1 - \frac{Sh^2 \frac{b\pi}{2T}}{Sh^2 \frac{(b+B)\pi}{2T}}}; \beta' \right); \quad (33)$$

$$q_r = \frac{\pi Ch \frac{b\pi}{2T}}{4KT \sqrt{Sh^2 \frac{(b+B)\pi}{2T} - Sh^2 \frac{b\pi}{2T}}}. \quad (34)$$

Здесь  $K$  — полный, а  $F(u, \beta')$  — обыкновенный эллиптический интеграл 1-го рода при модулях  $\beta$  и  $\beta'$ ,

$$\text{где } \beta = Th \frac{b\pi}{2T}; \quad (35)$$

$$\beta' = \sqrt{1 - \beta^2}. \quad (36)$$

$Ch$ ,  $Sh$ ,  $Th$  — гиперболические косинус, синус и тангенс (значения эллиптических интегралов и гиперболических функций приведены в «Справочнике ВНИИГиМ», т. I).

Определение  $\psi_r$  и  $q_r$ , помимо формул (33—36), может быть произведено также по приводимым таблицам (см. таблицы значения коэффициентов  $\psi_r$  и  $q_r$  на стр. 616).

С точностью до 10<sup>0/0</sup> величину расхода и интенсивность его поступления можно также вести по приближенным формулам (Аверьянов).

$$Q = \frac{kH}{\pi} \operatorname{arCh} \left( 1 + \frac{B}{b} \right); \quad (37)$$

$$q = \frac{kH}{\pi B}; \quad (38)$$

где обозначения прежние, а  $\operatorname{arCh}$  — косинус обратный гиперболическому.

По приведенным выше формулам или таблицам подсчитывается, с одной стороны (37), величина расхода  $Q$ , поступающего на полосу

поймы шириной  $B$  м и длиной (вдоль дамбы)  $l$  м и, с другой стороны (38), скорость фильтрации в точке  $A$  на расстоянии  $B$  м от дамбы.

Таблица значений коэффициентов  $\psi_r$  и  $q_r$  для расчета фильтрации воды на пойму при обваловании

Водоупор залегает очень глубоко  $T \rightarrow \infty$

Ширина дамбы по низу ( $2b$ ) в метрах		Значения коэффициентов					
		5		10		20	
		$\psi_r$	$q_r$	$\psi_r$	$q_r$	$\psi_r$	$q_r$
Расстояние до края дамбы ( $B$ ) в метрах							
5		0,560	0,0450	0,417	0,0368	0,306	0,0285
10		0,729	0,0260	0,560	0,0225	0,417	0,0184
20		0,920	0,0142	0,729	0,0130	0,560	0,0113
50		—	0,0061	0,984	0,0058	0,729	0,0054
100		1,404	0,0031	1,190	0,0030	0,984	0,0029
200		1,620	0,0016	1,404	0,0016	1,190	0,0015

Водоупор  $T = 50$  м

$2b$		Значения коэффициентов					
		5		10		20	
		$\psi_r$	$q_r$	$\psi_r$	$q_r$	$\psi_r$	$q_r$
$B$							
5		0,560	0,0446	0,417	0,0319	0,302	0,0277
10		0,722	0,0253	0,556	0,0207	0,410	0,0174
20		0,906	0,0131	0,715	0,0116	0,539	0,0098
50		1,128	0,0040	0,916	0,0037	0,709	0,0032
100		1,229	0,0008	1,008	0,0007	0,744	0,0006
200		1,253	0,00002	1,032	0,00002	0,807	0,00001

Водоупор  $T = 20$  м

$2b$		Значения коэффициентов					
		5		10		20	
		$\psi_r$	$q_r$	$\psi_r$	$q_r$	$\psi_r$	$q_r$
$B$							
5		0,553	0,0429	0,407	0,0326	0,284	0,0244
10		0,705	0,0223	0,530	0,0178	0,372	0,0136
20		0,849	0,0089	0,649	0,0073	0,467	0,0056
50		0,950	0,0008	0,734	0,0007	0,522	0,0005
100		0,959	0,00001	0,743	0,00001	0,523	0,00001
200		0,959	<0,00001	0,743	<0,00001	0,523	<0,00001

По величине  $Q$  судят о потерях на фильтрацию из водохранилища и о порядке величины расхода, с которым приходится считаться при проектировании понижающих сооружений, расположенных на  $B$  м от края дамбы; по значению  $q$  можно определить, насколько интенсивно будет идти фильтрация на пойму и сколь губительно она будет влиять на растительность (в смысле заболачивания). Для ясности величину  $q$  лучше всего перевести на высоту столба воды в год и, сравнив с осадками и испарением, дать анализ водного баланса территории поймы; после этого можно сделать вывод о целесообразности постройки мелиоративных сооружений.

## 2. Расчет понижающего действия всяческого капала на пойме при обваловании

В большинстве случаев при обваловании (от постоянного затопления) бывает необходимо понижение грунтовых вод. Такое понижение осуществляется, как правило, помощью всяческого головного канала, проводимого параллельно дамбе.

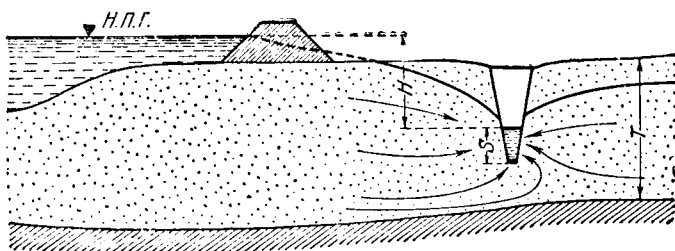


Рис. 275.

Приближенный расчет такого канала, изображенного на рис. 275, проводится следующим образом. Расход воды, поступающий в канал слева ( $Q_{лев}$ ) — со стороны реки в кубических метрах в секунду на 1 пог. м длины дамбы, равен:

$$Q_{лев} = \phi_{лев} \cdot k \cdot H, \quad (39)$$

где  $k$  — коэффициент фильтрации грунта поймы в метрах в секунду,  $H$  — превышение постоянного нормального паводкового горизонта над горизонтом потока, поступающего из реки в канал с его правой стороны ( $Q_{пр}$ ) (см. линии тока на рис. 275) в кубических метрах в секунду на 1 пог. м длины, равен:

Расход грунтового потока, поступающего из реки в канал с его правой стороны ( $Q_{пр}$ ) (см. линии тока на рис. 275) в кубических метрах в секунду на 1 пог. м длины, равен:

$$Q_{пр} = \phi_{пр} \cdot k \cdot H + Q_0 \text{ м}^3 \text{ в секунду.} \quad (40)$$

Здесь  $Q_0$  — расход, поступающий со стороны водосбора к каналу (берется из эпюры расходов, составленной при прогнозе подтопления);  $\phi$  и  $\phi_{пр}$  — коэффициенты расходов, взятые из таблицы на стр. 618.

Эта таблица составлена для некоторых частных значений  $S, 2b, T$  и  $B$ . Формулы коэффициентов  $\phi_{лев}$  и  $\phi_{пр}$  весьма сложны и потому не приводятся.

Таблица значений коэффициентов фильтрационных расходов, поступающих в канал слева ( $\psi_{лев}$ ) и справа ( $\psi_0 - \psi_{лев}$ )

Глубина залегания водоупора  $T = 50$  м

2 h (в метрах)	B (в метрах)	2 b = 5 м			2 b = 10 м			2 b = 20 м		
		S=0	S=1	S=2	S=0	S=1	S=2	S=0	S=1	S=2
5	$\psi_{лев}$	0,560	0,596	0,647	0,417	0,448	0,488	0,302	0,327	0,358
	$\psi_0$	—	1,244	1,256	—	1,029	1,034	—	0,810	0,818
10	$\psi_{лев}$	0,722	0,752	0,780	0,556	0,579	0,603	0,410	0,428	0,448
	$\psi_0$	—	1,253	1,256	—	1,033	1,035	—	0,813	0,815
20	$\psi_{лев}$	0,906	0,917	0,931	0,715	0,726	0,737	0,539	0,550	0,561
	$\psi_0$	—	1,248	1,250	—	1,030	1,031	—	0,811	0,814

Глубина залегания водоупора  $T = 20$  м

2 h (в метрах)	B (в метрах)	2 b = 5 м			2 b = 10 м			2 b = 20 м		
		S=0	S=1	S=2	S=0	S=1	S=2	S=0	S=1	S=2
5	$\psi_{лев}$	0,553	0,599	0,666	0,407	0,444	0,494	0,284	0,312	0,349
	$\psi_0$	—	0,961	0,970	—	0,745	0,746	—	0,537	0,538
10	$\psi_{лев}$	0,705	0,730	0,771	0,530	0,549	0,582	0,372	0,392	0,416
	$\psi_0$	—	0,965	0,968	—	0,746	0,747	—	0,541	0,541
20	$\psi_{лев}$	0,849	0,667	0,877	0,649	0,668	0,671	0,467	0,488	0,500
	$\psi_0$	—	0,969	0,970	—	0,755	0,750	—	0,555	0,561

В таблице дается значение  $\psi_{лев}$  и  $\psi_0$ , где  $\psi_0$  — коэффициент полного расхода. Для получения  $\psi_{пр}$  надо произвести вычитание

$$\psi_{пр} = \psi_0 - \psi_{лев} \quad (41)$$

Определив по формулам (39—41) расходы, поступающие в канал слева и справа, можно построить кривую депрессии как для левой, так и для правой ветвей. Вся левая ветвь кривой депрессии и правая ветвь на расстоянии 20—50 м может быть построена по уравнению:

$$y = 0,733 \frac{2Q}{k} \cdot \lg \left( 5,436 \cdot \frac{xk}{2Q} \right), \quad (42)$$

где  $y$  — превышение точки кривой депрессии над горизонтом воды в канале в метрах;

$x$  — расстояние от стенки канала до расчетного сечения в метрах;

$Q$  — расход с одной стороны канала: для левой ветви — по уравнению (39), для правой — по (40).

Полный расход грунтовой воды, поступающей в канал, равен:

$$Q = \psi_0 k H + Q_0 \text{ м}^3 \text{ в секунду,} \quad (43)$$

где обозначения прежние.

Построение правой ветви кривой депрессии по уравнению (42) следует производить лишь на расстоянии 20—50 м (см. об этом выше), а дальше уровень грунтовых вод необходимо находить по общим правилам построения подпорных кривых (см. прогноз подтопления).

Левая ветвь кривой депрессии строится до пересечения ее с поверхностью поймы; это пересечение укажет на ширину затопляемой полосы поймы между дамбой и каналом и определит необходимость приближения канала к дамбе, уширения ее или проведения небольшого дренажного канала у основания откоса дамбы.

Из таблицы видно также, что с удалением канала от реки резко растет процент перехватываемого расхода и при  $B=50$  м этот процент доходит до 90. Приближение канала к дамбе увеличивает расход его, но уменьшает процент перехвата потока. Поэтому выгодно, с точки зрения перехвата фильтрационного потока, отодвинуть канал возможно дальше от валов.

## ГЛАВА XV

### ОСУШЕНИЕ В АНТИМАЛЯРИЙНЫХ ЦЕЛЯХ

#### § 99. Причины, вызывающие применение осушения при антималарийной борьбе

Наиболее распространенным видом малярийного комара в СССР является *Anopheles* (анофелес).

Основным условием для развития личинок анофелеса являются мелководья, под которыми понимаются площади, покрытые незначительным слоем воды — от долей миллиметра до 1,5 м (за последнее время некоторые авторы склонны увеличивать верхний предел заполнения мелководий до 2 м).

Осушение при антималарийной борьбе преследует задачу максимального сокращения площади мелководий. Те площади мелководий, которые осушить затруднительно, подвергаются периодической деярвации, т. е. искусственному покрытию поверхности воды нефтью, парижской зеленью и другими материалами, которые вызывают гибель личинок анофелеса.

Так как даже очень небольшие площади мелководий (например, углубление от копыта, заполненное водою) являются благоприятной средой для развития личинок анофелеса, то в число мероприятий противомаларийного осушения входят: понижение высокого уровня грунтовых вод и ускорение поверхностного стока.

Противомаларийное осушение отличается от сельскохозяйственного тем, что в результате его должны быть осушены все мельчайшие водоемы.

#### § 100. Типы мелководий как объекты гидротехнического воздействия

Существуют следующие основные типы мелководий, с которыми приходится встречаться при антималарийном осушении:

1) неглубокие водоемы, естественные и искусственные, вода из которых может быть сброшена посредством каналов или труб самотеком и водоотливом;

2) текущие или стоячие водоемы, искусственные или естественные малые реки, имеющие очень пологие откосы русел ( $>1:1$ ), вследствие чего образуются прибрежные мелководья;

3) водотоки, имеющие в меженное время низкую скорость: 0,3—0,5 м в секунду;

4) заросшие и зарастающие водной растительностью водоемы и водотоки;

5) площади сельскохозяйственного или иного назначения, непокрытые мостовой или другой одеждой, малопроницаемые, с неровным микро-рельефом и небольшими уклонами ( $J < 0,003$ );

6) такие же площади, но имеющие проницаемый грунт и высокий уровень грунтовых вод или верховодок;

7) площади, периодически затопляемые (морскими приливами или речными паводками).

## § 101. Ликвидация мелководий в виде впадин

**А. Мелководья, вода из которых может быть сброшена самотеком.** К таким мелководьям относятся: а) естественные впадины, дно которых выше бытового горизонта ближайшего водохранилища; б) мелководья в виде окраек водохранилищ.

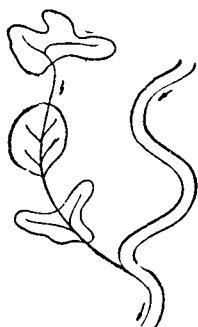


Рис. 276.

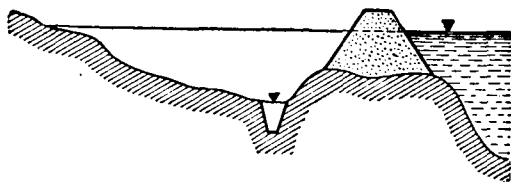


Рис. 277.

а) Вода из естественных впадин удаляется посредством сбросных каналов, трассируемых по кратчайшему направлению к водохранилищу,

по наиболее низким отметкам. Если ликвидации подлежат мелководья нескольких впадин, то нужно стремиться объединить их посредством общего сбросного канала с отрезками (см. рис. 276).

б) Мелководья от водохранилищ ликвидируются посредством обвалования дамбой по выпрямленной линии глубин в 1,5 м (рис. 277). Дамба своими концами сопрягается с естественными возвышениями. Позади дамбы по пониженным местам прокапывается самотечный канал, вода из которого поступает в нижний бьеф плотины.

**Б. Мелководья, вода из которых может быть сброшена лишь посредством механического водоподъема.** а) Вода из естественных впадин удаляется посредством откачки в ближайший водохранилищ при помощи водовода или непосредственно.

б) После огораживания дамбой, как и в случае самотека, вода из мелководий выкачивается посредством насосных станций за дамбу в водохранилища. Если насосные станции снабжены электромоторами, то они ставятся чаще — во всяком более или менее значительном понижении трассы дамбы. За дамбой создаются каналы с уклоном в указанные понижения (см. рис. 278), а в понижениях устанавливаются насосные станции.

**В. Засыпка мелководий,**

## § 102. Ликвидация мелких водоемов посредством поглощающих колодцев

Сброс воды из малых водоемов в нижние прослойки грунта возможен лишь в тех случаях, когда один из нижних слоев грунта имеет хорошую фильтрацию, а лежащий над ним покрытый водою слой — малопроницаем. В напорные фильтрующие горизонты спуск вод невозможен.

Для предупреждения заиления поглощающего грунта необходима предварительная очистка сбрасываемых вод от ила.

Сброс воды в нижние горизонты осуществляется при помощи следующего устройства.

В наиболее низком месте дна водоема ставится колодезь (рис. 279), укрепленный бетонными кольцами. Забой колодца должен входить на 1 м в фильтрующий горизонт; нижнее кольцо снабжается мелкими отверстиями (10 мм). Верхний торец колодца несколько возвышается над дном водоема и снабжается решетчатой крышкой. Через решетку вода поступает сначала в отстойник А, затем переливается на фильтр В и очищенная уходит вниз.

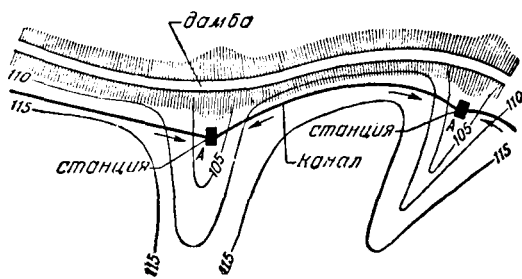


Рис. 278.

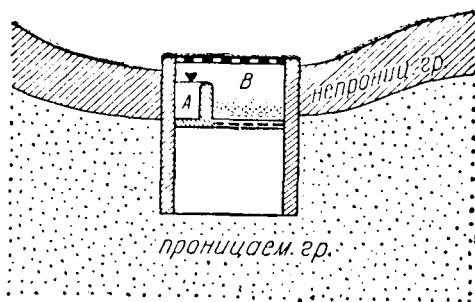


Рис. 279.

## § 103. Ликвидация мелководий при пологих откосах водоемов или русел

1. *Пологий откос водоема простирается на небольшое расстояние от водоема.* Это, например, бывает в руслах рек, староречьях и т. д. В этом случае нижняя зона откоса углубляется так, чтобы в водоеме получилась глубина (рис. 280) не менее допускаемой (1,5 м). Затем устанавливают подпорную стенку А и за нее по откосу откладывают вынутый при углублении водоема грунт.

2. *Пологий откос водоема простирается на десятки и сотни метров от водоема.* В этом варианте могут быть два случая:

а) площадь мелководий при пологом откосе велика и для осушения его возможен самотечный сброс; в этом случае мелководья ликвидируются так, как это было описано в § 101;

б) площадь мелководий невелика, самотечный сброс невозможен, откачку производить невыгодно; применение подпорной стенки (преды-

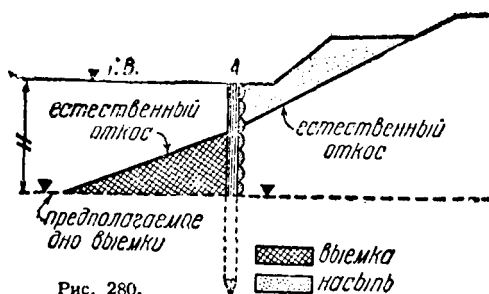


Рис. 280.

душый случай) тоже невозможно. Для этого случая можно рекомендовать метод, изображенный на рис. 281. Верхняя часть рисунка представляет собой план мелководья; нижняя — разрез по створу *MN*. На разрезе линия *АБ* представляет собою уровень дна мелководья. В последнем делают ряд параллельных прорезей; при этом

грунт из них распределяют по площадке между парой соседних прорезей так, чтобы уровень насыпного грунта был не менее как на 0,5 м

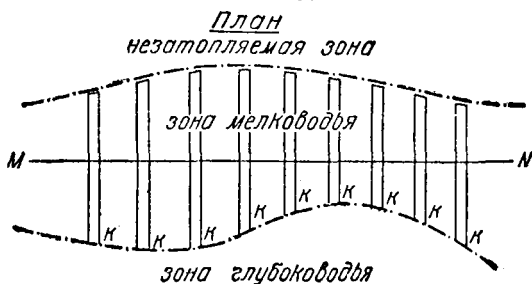
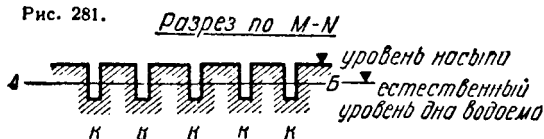


Рис. 281.



выше горизонта водоема. Дно прорезей должно быть ниже горизонта водоема не менее чем на 1,5 м.

## § 104. Увеличение бытовых скоростей в руслах

Наиболее радикальным приемом для увеличения бытовых скоростей является увеличение уклона за счет уменьшения длины водотока посредством спрямлений. Однако этот прием дорог и применим только к извилистым речкам. Более распространенным методом увеличения скорости является одновременно увеличение гидравлического радиуса и уменьшение шероховатости, а также уменьшение вязкости жидкости (нередко воды несут много илистых взвесей, увеличивающих вязкость жидкости). Указанные цели (кроме уменьшения вязкости) достигаются посредством применения так называемых саванелл — особых креплений нижней части русла.

Для канав с очень небольшими бытовыми расходами саванеллы могут иметь конструкцию, указанную на рис. 282. Как видно, на дно канала закладывают дощатый лоток. Доски (или тесины) соединяются между собой посредством хомутов из кругляков с забивкой клиньев.

Для сообщения проницаемости таким лоткам между кромками досок прокладывают соломенные жгуты или другой фильтрующий материал.

Саванеллы для более крупных расходов по своей конструкции почти аналогичны креплениям каналов в виде невысоких подпорных стенок (см. главу об устойчивости). В данном случае особенно следят за тем, чтобы стенки креплений, обращенные внутрь канала, были гладкими. (О борьбе с зарастанием русел и канав, а также окраске небольших водоемов см. § 45.)

### § 105. Осушение площадей от грунтовых или поверхностных вод

Осушение площадей с целями антималярийными не отличается от методов, применяемых для с.-х. целей. Фильтрующие почво-грунты осушаются дренажом; водопорные — методом ускорения поверхностного стока. Разница антималярийного осушения от сельскохозяйственного должна заключаться лишь в том, что в нашем случае сеть делается чаще. Расстояния между дренажами или закрытыми собирателями должны быть равны 0,5—0,7 от расстояний, определенных для с.-х. целей. Дренажные коллекторы для антималярийных целей должны быть закрытыми.

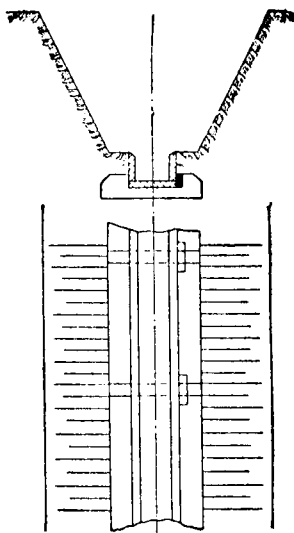


Рис. 282.

### § 106. Ликвидация условий для развития анофелеса при намывном делювиальном водном питании

Такое питание происходит только в притеррасных частях пойм. В этих случаях нередко образуются валики и другие препятствия для стока воды. В результате получаются небольшие мелководья, для ликвидации которых необходима борьба с делювиальными наносами.

Меры борьбы: 1) укрепление оврагов, поступающих в анофелогенную зону пойм; 2) в случае развития эрозии водосбора, тяготеющего к пойме — перемена направления обработки почв на поперечное (вдоль горизонталей) и насаждение (в том же направлении) лесных полос.

### § 107. Особенности устройства гидротехнических сооружений на сети в антималярийных целях

Шлюзы, перепады и быстротоки — обычные сооружения на осушительных системах — должны конструироваться так, чтобы после сброса через них вод их бьефы были свободны даже от небольшого слоя воды. Для этого в основном необходимо: 1) придавать флотбетам и водобойным полам уклон не менее 0,01 в сторону по течению; 2) снабжать узкими отверстиями для слива воды все водобойные колодцы и другие элементы сооружений, где может застаиваться вода; 3) предупреждать появление фильтрации в обход этих сооружений; 4) на водотоках, имеющих небольшую бытовую скорость, необходимо устраивать особые автоматические шлюзы. Такие шлюзы открывают автоматически при накоплении воды в верхнем бьефе до определенной высоты. После этого выпускаемая вода развивает скорость, достаточную для уничтожения личинок;

## РАЗДЕЛ III

# ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ОБВОДНЕНИЕ, МЕЛИОРАТИВНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ И НАСОСЫ

### ГЛАВА I

## НОРМЫ ВОДОНТРЕБЛЕНИЯ

### § 1. Личные потребности человека

При установлении суточной нормы потребления воды человеком целесообразно руководствоваться нормой, разработанной Парке. Эта норма (при отсутствии канализации населенного пункта) составляет:

для питья . . . . .	1,5 л в сутки
» ухода за телом . . . . .	22,5 » » »
» чистки жилища и утвари . . . . .	13,5 » » »
» варки пищи . . . . .	3,5 » » »
» стирки белья и пр. . . . .	13,5 » » »

---

54,5 л в сутки

При наличии канализации эта норма может быть увеличена; с включением коммунальных и санитарных нужд, как расчетная, она может быть доведена до 100—150 л на человека в сутки.

**Культурно-бытовые и санитарные потребности человека.** При проектировании водоснабжения населенных пунктов сельскохозяйственного значения должен быть учтен дополнительный расход на ряд нужд, связанных с особенностями сельскохозяйственного производства и бытовыми условиями.

Для исчисления расчетных расходов при проектировании ориентировочно могут быть приняты следующие нормы:

Больница (на 1 койку) . . . . .	200—300 л в сутки
Амбулатория (на 1 койку) . . . . .	12—15 » » »
Баня (на 1 моющегося) . . . . .	100—150 » » »
Прачечная (на 1 кг сухого белья) . . . . .	40 » » »
Общественный душ (на 1 пользующегося) . . . . .	25—40 » » »
Школа (на 1 учащегося) . . . . .	15 » » »
Ясли (на 1 ребенка) . . . . .	75 » » »
Детский сад (на 1 ребенка) . . . . .	75 » » »
Столовая (на 1 обедающего) . . . . .	15 » » »
Клуб (на 1 посетителя) . . . . .	10 » » »
Хлебопекарня (на 1 кг хлеба) . . . . .	0,6—0,5 » » »

Указанные в нормах пределы зависят от степени благоустройства коммунальных учреждений (больницы, амбулатории и т. п.), наличия в населенном пункте канализации, трудности добывания чистой воды и отвода сточных вод.

## § 2. Производственные потребности

Производственные потребности в воде определяются в каждом отдельном случае условиями с.-х. производства. В частности, производственные потребности в воде в полеводческих хозяйствах определяются главным образом наличием на полях рабочей силы и машин. В животноводческих хозяйствах потребности в воде зависят от рода животных, их возраста, условий кормления и содержания и времени года. Так, например, зоотехники (на физиологические потребности в воде различных животных) на 1 кг воздушно-сухого корма полагают:

Для овцы . . . . .	2 л	Для быка . . . . .	3—5 л
» лошади . . . . .	3 »	» коровы . . . . .	4—6 »
» мясного скота . . . . .	3—4 »	» свиньи . . . . .	6—8 »

Практически расчетные нормы для животных нечисляются следующими цифрами.

Для *молодого крупного рогатого скота* следует брать в среднем расчетные суточные нормы (на 1 голову), принятые в молочных хозяйствах в размере 75 л и состоящие из следующих оперативных норм:

На приготовление корма . . . . .	2 л в сутки
» водопой . . . . .	35 » »
» подмывку вымени . . . . .	9 » »
» мытье молочной посуды . . . . .	9 » »
» содержание в чистоте тела животного . . . . .	14 » »
» уборку помещения и мытье кормушек . . . . .	6 » »

При механизированной дойке расчетная суточная норма ориентировочно может быть повышена до 106,5 л; она состоит из следующих оперативных норм:

На водопой и подмывку . . . . .	79,0 л в сутки
» уборку . . . . .	37,5 » »
» промывку бидонов горячей водой . . . . .	12,5 » »
» промывку доильных агрегатов . . . . .	37,5 » »

Расчетная средняя суточная норма потребления воды для крупного рабочего рогатого скота может быть взята равной норме потребления рабочих лошадей (см. ниже).

Для *лошадей* расчетная средняя суточная норма водопотребления может быть взята в пределах от 60 до 75 л, причем меньшая норма относится к рабочим лошадям, а большая — к племенным лошадям.

Расчетная средняя суточная норма состоит из следующих оперативных норм:

На приготовление корма . . . . .	6,0—9,0 л в сутки
» чистку животных . . . . .	12,0—15,0 » »
» родопой . . . . .	30 » »
» уборку помещений и пр. . . . .	12,0—21,0 » »

Для *молодняка* (телят и жеребят) расчетная средняя суточная норма может быть принята в 35 л и состоит из следующих оперативных норм:

На приготовление корма . . . . .	1,0 л в сутки
» водопой . . . . .	20,0 » »
» чистку животных . . . . .	9,0 » »
» уборку помещений . . . . .	5,0 » »

Расчетная средняя суточная норма водопотребления при пастбищном содержании рогатого скота и лошадей для всех категорий и возрастов ориентировочно может быть принята в 75% от расчетной средней суточной нормы при стойловом содержании, за исключением молочных коров и подсосных маток, для которых расчетные средние суточные нормы водопотребления при пастбищных и стойловых содержаниях должны быть одинаковы.

Для подсосной свиноматки с поросятами при стойловом летнем содержании расчетная средняя суточная норма водопотребления может быть доведена до 75 л и состоит, по данным научно-исследовательских работ, из следующих оперативных норм:

На приготовление корма . . . . .	8 л в сутки
» мытье кормушек и посуды . . . . .	7 » »
» водопой . . . . .	9 » »
» купанье . . . . .	16 » »
» чистку помещений . . . . .	35 » »

При зимнем и пастбищном летнем содержании эта норма водопотребления может быть снижена округленно до 50—75% от нормы водопотребления для летнего стойлового содержания.

Для супоросной свиноматки расчетная средняя суточная норма водопотребления при стойловом летнем содержании составляет 60 л и состоит из следующих оперативных норм:

На приготовление корма . . . . .	7 л в сутки
» мытье кормушек и посуды . . . . .	4 » »
» водопой . . . . .	6 » »
» купанье . . . . .	8 » »
» чистку помещения . . . . .	35 » »

В условиях зимнего стойлового содержания расчетная средняя суточная норма водопотребления может быть снижена до 25 л, а при пастбищном содержании до 45 л.

Для холостых свиноматок, а также для хряков 1½ лет расчетная средняя суточная норма водопотребления при летнем стойловом содержании составляет 50 л, а при зимнем содержании — 20 л и летнем пастбищном содержании — 37 л.

Для поросят в возрасте от 2 до 4, от 4 до 6 и от 6 до 8 месяцев расчетные средние суточные нормы водопотребления для летнего стойлового содержания соответственно составляют 10 л, 15 л, 20 л.

Для зимнего стойлового содержания эти нормы могут быть ориентировочно снижены до 3, 5 и 7 л, а для пастбищного содержания могут быть приняты в 7,5 л, 12 л и 15 л.

Для овец при стойловом и пастбищном содержании расчетная средняя суточная норма водопотребления может быть взята в 10 л.

Для коз расчетная средняя суточная норма водопотребления, по наблюдениям в Заволжье, превышает таковую же для овец на 25—30%.

Для мелких с.-х. животных и птицы расчетные средние суточные нормы водопотребления могут быть взяты в следующих размерах:

Для кроликов . . . . .	2,00 л в сутки
» уток в птичнике . . . . .	1,75 » »
» гусей . . . . .	0,75 » »
» кур . . . . .	0,75 » »

Инструкцией по эксплуатации искусственных и естественных источников водоснабжения зерновых и животноводческих совхозов Наркомсовхозов предложено считать следующие суточные нормы потребления воды на одну голову:

Наименование животных	Стойловое содержание	Пастбищное содержание
Крупный рогатый скот . . . . .	100	100
Молодняк до 2 лет . . . . .	60	60
Лошадь рабочая . . . . .	80	80
Овца . . . . .	6	8—10
Свинья с поросятами . . . . .	95	95
Свинья холостая, супоросная и хряк . . . . .	50	50
Свинья на откорме . . . . .	25	25
Поросята до 2 лет . . . . .	13	13

В указанные нормы входит количество воды, необходимой для удовлетворения физиологических потребностей животных и для ухода за ними.

*Нормы водоснабжения на случай пожаров* см. в приложении к этому разделу (стр. 706).

*Для автомобиля* расчетная средняя суточная норма водопотребления составляет 140—200 л.

*Для тракторов и комбайнов* (независимо от марок, мощности, степени изношенности и характера производимой работы) следует ориентировочно принимать 120—150 л в сутки.

При проектировании водоснабжения в колхозах следует руководствоваться расчетными нормами водопотребления, указанными в следующем параграфе.

### § 3. Расчетные нормы водопотребления

(Выдержка из инструкции по проектированию сельских водопроводов Управления водного хозяйства НКЗ РСФСР, Ленинград, 1939 г., стр. 38—41).

Наименование водопотребителей	Расход воды в литрах в сутки
-------------------------------	------------------------------

#### А. Количественные нормы водопотребления при проектировании водоснабжения в колхозах

##### 1. На одного человека:

а) при наличии канализации с домовыми ответвлениями . . . . .	80—90
б) без канализации, но с домовыми ответвлениями . . . . .	50—60
в) водопроводы с водоразборами из колонок . . . . .	40—50
г) простейшее водоснабжение без водопровода . . . . .	30—40

##### 2. Коммунальные расходы:

а) баня на 1 моющегося . . . . .	150—175
б) прачечная на 1 кг белья (или на 1 человека в среднем 8 л в сутки) . . . . .	40
в) общественная столовая на 1 человека, немеханизованная . . . . .	15
г) школа на 1 учащегося (при наличии душа—на 1 ученика 40 л в сутки) . . . . .	15
д) амбулатория на 1 посетителя . . . . .	12
е) больница на 1 койку . . . . .	250
ж) детские ясли на 1 ребенка (с мытьем белья и прочий расход) . . . . .	75
з) контора на одного служащего . . . . .	20
и) душ на 1 человека . . . . .	40

Продолжение

Наименование водопотребителей	Расход воды в литрах в сутки	
<b>3. Общий расход на 1 человека (с коммунальными расходами):</b> а) при наличии канализации и домовых ответвлений . . . . . б) без канализации, но с домовыми ответвлениями . . . . . в) без канализации с колонковым водоразбором . . . . .		120 100 60—70
	При нали- чии авто- поилок (в литрах в сутки)	С водоразбо- ром из коло- нок (в лиграх в сутки)
<b>4. Расход в животноводческом сек- торе:</b> а) крупный рогатый скот . . . . . б) молочный скот (молочная ферма) . . . . . в) телки . . . . . г) лошади рабочие . . . . . молодняк . . . . . д) свиньи супоросные . . . . . подсосные . . . . . холостые . . . . . хряк . . . . . поросята . . . . . е) овцы . . . . .	100 120 50 80 35 — — — — — —	80 90 45 60 35 45 100 30 60 15 8
	Расход в литрах в сутки	
<b>5. Птицы:</b> а) для кур . . . . . б) для гусей при откорме (24 дня) . . . . . в остальное время, за исключением пребывания их на воде . . . . . в) для уток при откорме (24 дня) . . . . . в остальное время, за исключением пребывания их на воде . . . . . <b>6. Кролики</b> . . . . .		0,5 1,75 1,25 1,75 1,25 2,0
<b>7. Расходы на механизмы и машины:</b> а) для трактора СТЗ 22'36 . . . . . " " " 48 60 . . . . . б) мастерские: разборка и ремонт на 1 трактор . . . . . " " " авто . . . . .	Расход в литрах  2,5 в час 1,75 " " 1 500 в сутки 700 " "	

		Расход в литрах
<i>Мастерские на 1 станок:</i>		
Для механической мастерской . . . . .		35 в сутки
» слесарной » . . . . .		80 » »
» столярной » . . . . .		20 » »
» кузнечной » . . . . .		40 » »
в) Двигатели внутреннего сгорания на одну лошадиную силу . . . . .		15 в час
г) Для паровых котлов на одну индикаторную силу: без холодильника . . . . .		25—30 в час
с холодильником . . . . .		10—15 » »
д) для газовых двигателей, на 1 м <sup>3</sup> потребного газа . . . . .		30—40 » »
е) для керосиновых двигателей, на 1 л. с.-час . . . . .		35—50 » »
8. Сельскохозяйственные промышленные предприятия:		
а) бойни крупного рогатого скота, на 1 голову . . . . .		300
бойни мелкого скота . . . . .		100
б) маслодельный завод, на 1 л молока; ручная или конно-приводная обработка: без пастеризации . . . . .		3, 5
с пастеризацией . . . . .		5—8
механизированные заводы с пастеризацией . . . . .		8—10
в) сыроваренные заводы на 1 л молока; ручная или конно-приводная обработка: без пастеризации . . . . .		1—1, 5
с пастеризацией . . . . .		5—8
механизированные с пастеризацией . . . . .		8—10
г) молочно-сметанные: ручная обработка с пастеризацией . . . . .		5—8
механизированная с пастеризацией . . . . .		8—10
<b>Б. Коэффициенты неравномерности водопотребления</b>		
1. Коммунальный сектор:		
Коэффициент суточной неравномерности . . . . .		1, 3
» часовой » . . . . .		2, 0
2. Животноводческий сектор:		
Коэффициент суточной неравномерности . . . . .		1, 3
Коэффициент часовой неравномерности: при наличии автопоилок . . . . .		2, 5
без автопоилок . . . . .		4

Примечание. Коэффициент часовой неравномерности в животноводческом секторе желательно уточнять по графику водопотребления, представляемому специалистами (зоотехник-животновод).

## ГЛАВА II

# НОРМЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО И БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

## § 4. Показатели качества питьевой воды

Хорошая питьевая вода должна обладать следующими физическими свойствами:

а) вода должна быть прозрачна, бесцветна, без запаха и постороннего вкуса;

б) вода должна обладать постоянной температурой около 10°С, не ниже 4° и не выше 15°С;

в) общая жесткость питьевой воды должна быть не выше 40 немецких градусов \*;

г) вода не должна иметь органических примесей выше определенного количества.

Количество органических примесей в чистой воде определяют способностью воды окисляться под действием на нее марганцево-кальевой соли и выражают количеством потребного марганцевоокислого калия на 1 л воды в миллиграммах. Так, например, чистая вода должна иметь окисляемость 12 мг ( $KMnO_4$ ).

По инструкции по санитарной охране качества воды, выбору источников хозяйственно-питьевого водоснабжения и методов улучшения качества воды, утвержденной Госсанэпидемией Союза ССР:

сульфатов не должно быть выше . . . . . 500 мг на 1 л  
 хлора хлоридов не должно быть выше . . . . . 300 » » 1 »  
 окиси магния » » » » . . . . . 150 » » 1 »

### § 5. Классификация воды

В СССР для степной полосы принято судить о качестве воды по содержанию в воде сухого остатка, хлора, серной кислоты и общей жесткости в немецких градусах. Следующая таблица дает цифровые выражения основных показателей качества воды.

*Классификация воды (по проф. К. И. Лисицыну)*

Наименование категории	Содержание веществ в миллиграммах на 1 л			Общая жесткость в немецких градусах
	сухой остаток	хлор	серная кислота	
1. Хорошая пресная питьевая вода и хорошая хозяйственная	0—600	0—100	0—200	0—20
2. Удовлетворительная пресная питьевая, плохая хозяйственная	600—1 000	100—150	200—300	20—30
3. Допустимая пресная питьевая, плохая хозяйственная, очень жесткая; там, где имеются пресные воды, эти воды кажутся солоноватыми . . . .	1 000—1 500	150—200	300—500	30—40
4. Допустимая по нужде, отчасти чуть солоноватая. Очень плохая хозяйственная	1 500—2 500	200—400	500—1 000	40—60
5. Обычно заметно солоноватая, питьевая по крайней нужде . . . .	3 000—4 000	400—800	1 000—1 500	60—150
6. Явно резко соленая, но жаждущий еще может напиться . . . .	5 000	800—1 500	2 000	200
7. Приблизительно предельная, еще годная для скота . . . . .	5 000	3 000	3 000	300

\* Один градус жесткости соответствует одной части окиси кальция  $CaO$  на 100 000 частей воды, т. е. на 1 л воды — 10 мг  $CaO$  или эквивалентное количество окиси магния  $MgO$ .

Бактериологические свойства воды определяют по количественному и качественному составу бактерий в 1 см<sup>3</sup> воды.

### § 6. Нормы качественного бактериологического состава воды (нормы Michel'a)

Качество воды	Количество бактерий в 1 см <sup>3</sup> воды	Качество воды	Количество бактерий в 1 см <sup>3</sup> воды
Чрезвычайно чистая . . . . .	0—10	Преддоставная . . . . .	1 000—10 000
Весьма чистая . . . . .	10—100	Загрязненная . . . . .	10 000—100 000
Чистая . . . . .	100—1 000	Весьма загрязненная	100 000 и более

Допустимое содержание бактерий в воде точно не установлено, но обычно непатогенных бактерий встречается в 1 см<sup>3</sup>

- в ключевой и водопроводной воде . . . . . 20—50
- » колодезных водах . . . . . 100—500
- » фильтрованной речной воде . . . . . 50—200

### § 7. Нормы, характеризующие воду по содержанию в ней кишечной палочки (нормы Whyrpl'a)

Качество воды	Объем воды в кубических сантиметрах, в котором найдена 1 кишечная палочка (титр Coli)
Здоровая . . . . .	100
Достаточно здоровая . . . . .	10
Сомнительная . . . . .	1
Нездоровая . . . . .	0,1
Совершенно нездоровая . . . . .	0,01

Присутствие кишечной бактерии Coli является показателем фекального загрязнения воды.

В последнее время в ряде советских инструкций (Военно-санитарного и Военно-строительного управления КА и др.) допускают титр Coli для чистой воды до 300 см<sup>3</sup>.

### § 8. Нормы физико-химического и бактериологического состава воды, идущей на питьевые нужды животных

Хорошая водопойная вода должна обладать теми же физическими свойствами, что и для питьевых нужд человека.

Температура воды должна быть постоянной и в следующих пределах:

Для крупного рогатого скота . . . . .	8—15° Ц	Для свиней . . . . .	10—12° Ц
» лошадей . . . . .	8—15° Ц	» кроликов . . . . .	8—12° Ц
» овец . . . . .	10—16° Ц	» птицы . . . . .	13—15° Ц

Минерализация воды для питья животных по нормам, разработанным Южным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (Юж. ВНИИГМ), может достигать до 60—150° немецких градусов жесткости (см. таблицу проф. Лисенкина на стр. 630).

Для отдельных животных допустимы следующие пределы жесткости:

Для крупного рогатого скота . . . . .	80° немецких	Для свиньи . . . . .	80° немецких
Для лошади . . . . .	40° »	» кроликов . . . . .	40° »
» овцы . . . . .	60° »	» птицы . . . . .	60° »

В животноводческих хозяйствах минеральный состав воды, пригодной для питья животных, принимают по нормам Эсмарка, по которым в 1 л воды должно содержаться:

Сухого остатка не более . . . . .	500 мг	Азотистой кислоты . . . . .	следы
Хлора . . . . .	200 »	Азотной кислоты . . . . .	5—15 мг
Серной кислоты . . . . .	60—100 мг	Жесткости не более . . . . .	30° немецких
Аммиака . . . . .	следы		

Бактериологический состав воды для животных должен быть безупречен, как и состав воды для людей.

## § 9. Нормы физико-химического и бактериологического состава воды для промышленных и хозяйственных надобностей

**1. Молочное, маслобояное и сыроваренное производство.** Вода должна быть бесцветна, прозрачна, без запаха и постороннего вкуса и иметь температуру 4—6° Ц.

Жесткость воды не свыше 20° немецких должна быть обусловлена главным образом за счет содержания известковых солей.

В воде, идущей на промывку мяса, содержание магнезии должно быть не свыше 40 мг на 1 л, содержание железа — не более 0,05 мг на 1 л.

В бактериологическом отношении вода должна быть безупречна. Особо вредной для молочного производства является *B. fluorescens*, разлагающая молочный жир, образуя при этом зелено-желтое красящее вещество с неприятным запахом.

**2. Крахмальное производство.** Вода, потребляемая крахмальными заводами, должна быть бесцветна, без запаха, без плавающих и гниющих растительных осадков и нитритов; соединений железа должно быть не более 0,1 мг на 1 л; соединений марганца — не более 0,05 мг на 1 л.

Жесткие воды (свыше 20° немецких) и примесь хлористомagneзиальных солей нежелательна.

В воде должны отсутствовать возбудители брожения, дрожжевые грибки, вызывающие образование молочной и масляной кислот.

**3. Сахарное производство.** Вода, потребляемая сахарным производством, должна быть бесцветна, прозрачна, без запаха, без вкуса, не должна содержать органических веществ, способных к гниению.

Жесткие воды (свыше 20° немецких) и примеси хлористых нитратов нежелательны.

**4. Дрожжево-винокуренное производство.** Вода, пригодная для дрожжево-винокуренного производства, должна быть прозрачна, без цвета и не иметь постороннего привкуса.

По химическому составу для дрожжево-винокуренного производства вода не должна содержать гипса ( $\text{CaSO}_4$ ) более 400—500 мг на 1 л, сероводорода, солей железа и хлоридов ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ).

Аммиака и азотистой кислоты допустимы следы, азотной кислоты — до 30 мг на 1 л.

В микробиологическом отношении вода должна быть чистой, т. е. не содержать микроорганизмов ни в свежем состоянии, ни при хранении в течение нескольких дней.

**5. Консервное производство.** Вода, потребляемая консервным производством, должна быть бесцветна, прозрачна, без запаха и иметь освежающий вкус.

Растительные остатки и органические примеси недопустимы. В санитарном отношении вода должна быть безупречна.

Жесткость — до 20° немецких. В воде должны отсутствовать железо, алюминий, аммиак и азотистая кислота. Азотной кислоты допустимы следы.

**6. Хлебопекарное производство.** Вода должна быть прозрачна, бесцветна, без запаха, без органических веществ и безупречна в санитарном отношении. Жесткость — не свыше 30° немецких. Железа — не свыше 0,1 мг на 1 л. Марганца — не свыше 0,05 мг на 1 л.

В микробиологическом отношении вода должна быть свободна от грибов, затрудняющих брожение теста и способствующих гниению.

**7. Вода для мочки лубяных культур.** Вода, потребляемая для мочки лубяных культур, должна быть мягка, прозрачна и без взвешенных органических веществ.

**8. Вода для прачечных.** Вода для прачечных должна быть прозрачна, бесцветна, без запаха, без взвешенных наносов и мягка.

Вода не должна содержать солей железа более 0,2 мг на 1 л, марганца — не более 0,5 мг на 1 л и не должна содержать хлористого магния.

**9. Вода для питания паровых котлов, двигателей внутреннего сгорания и тракторов.** В воде для питания паровых котлов не должно быть механических примесей и загрязнений в форме гумусовых веществ, масла и жиров, минеральных кислот.

Допустимая жесткость воды: для паровых котлов — не свыше 12° немецких; для охлаждения тракторов — не свыше 20° немецких; для охлаждения стационарных двигателей внутреннего сгорания — до 60° немецких.

Содержание органических веществ по расходу  $\text{KMnO}_4$  — не более 30 мг на 1 л и незначительное содержание гниса и кремнекислоты.

Содержание растворенного кислорода — не более 5 мг на 1 л.

Отсутствие агрессивной углекислоты и сероводорода.

Остатка при выпаривании — не более 300 мг на 1 л.

## ГЛАВА III

### ВЫБОР ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

#### § 10. Характеристика источников

Все источники, которые могут быть использованы для с.-х. водоснабжения, можно поделить на следующие группы:

- 1) подземные воды, к которым относятся:
  - а) грунтовые воды (безнапорные),
  - б) воды напорные (артезианские),
  - в) ключевые воды;
- 2) поверхностные воды, к которым относятся:
  - а) дождевые и снеговые воды,
  - б) речные воды,
  - в) озерные воды.

При выборе источников водоснабжения следует отдавать в основном предпочтение подземным водам; последние в большинстве случаев не требуют очистки при употреблении их для питья, по сравнению с другими водами менее подвержены порче и загрязнению, могут быть добыты в большинстве случаев простейшими сооружениями по всей производ-

ственной территории с.-х. предприятия, сохраняют в большинстве случаев одинаковую температуру и качество; расход и горизонты этих вод менее подвержены колебаниям (чем у других источников). Кроме того, они являются вполне пригодными в большинстве случаев для комплексного их использования в с.-х. производстве (подкормка растений, водной и т. п.).

Из отдельных категорий этих вод с точки зрения с.-х. эксплуатации следует поставить на первое место грунтовые воды, требующие при добыче незначительных расходов, на второе место — артезианские воды, лучшие по качеству и постоянству дебита, но требующие значительных затрат при их эксплуатации. Из подземных вод так называемые верховодки могут иметь в с.-х. производстве только подсобное значение.

Воды поверхностные, образующиеся за счет атмосферных осадков, для питьевого водоснабжения желательнее использовать во вторую очередь. Недостатками поверхностных вод (по сравнению с подземными) являются: наличие взвешенных частиц, органическая и бактериологическая загрязненность. Воды поверхностные в большинстве случаев требуют обезвреживания и очистки. Из поверхностных вод наилучшим качеством обладает вода рек, питающихся главным образом за счет грунтовых вод, затем идут реки с поверхностно-грунтовым питанием и, наконец, реки с поверхностным питанием.

Реки по качеству воды могут быть подразделены на реки с незарегулированным и зарегулированным стоком, причем первые, при одинаковых других условиях, дают более хорошую для водоснабжения воду, чем вторые.

Воды больших озер грунтового, грундово-поверхностного и поверхностного питания как источники водоснабжения могут быть отнесены по качеству соответственно к водам рек грунтового, поверхностно-грунтового и поверхностного питания.

Качество вод обводнительных и оросительно-обводнительных каналов как источников водоснабжения в каждом отдельном случае определяется индивидуальным подходом с учетом заселенности берегов и интенсивности использования вод для орошения и обводнения.

Пруды-водохранилища, а также конаны и прудоконаны по качеству воды в преобладающем большинстве случаев являются мало удовлетворительными, особенно для питьевых нужд. Вода их требует обезвреживания и очистки.

Исключением из этого перечня являются пруды-водохранилища с проточной водой.

Приведенная сравнительная характеристика различных источников водоснабжения сделана с учетом одинаковых технико-экономических показателей и одинаковой надежности и пригодности их в качественном и количественном отношении. В отдельных случаях по хозяйственным соображениям может быть произведен выбор более дорогостоящего источника водоснабжения, но дающего хозяйству воду своевременно, надлежащего качества и количества.

## § 11. Условия для выбора источников

При выборе источников водоснабжения должны быть выявлены и учтены следующие условия:

- а) определено качество воды, выявлено изменение этого качества воды по времени и установлены причины, влияющие на изменение;
- б) определено количество воды, могущее быть добытым из данного источника, установлено изменение этого количества по времени и причины, влияющие на это изменение;

в) установлен режим колебания уровня подземных и поверхностных источников и причины его изменения;

г) в связи с хозяйственными соображениями установлено местонахождение водоснабжающего сооружения;

д) в связи с характером и типом водонисточника и возможностью использования местных материалов выбран способ забора воды и тип водоснабжающего сооружения;

е) установлены условия и стоимость производства работ по устройству водоснабжающего сооружения;

ж) установлены условия хозяйственной и технической эксплуатации источника и определена стоимость 1 м<sup>3</sup> воды, доставленного потребителю.

С санитарной точки зрения при выборе источников должны быть установлены:

а) степень загрязнения почво-грунтов и условия, вызывающие это загрязнение (поглощающие колодцы, выгребные ямы, уборные, кладбища и т. п.);

б) существующая и перспективная степень застройки территории и влияние ее на загрязнение почво-грунтов и почвенно-грунтовых вод;

в) эпидемиологическая характеристика водоснабжения местности и в первую очередь в части эпидемических желудочно-кишечных заболеваний (холера, брюшной тиф, дизентерия и т. п.);

г) санитарное состояние водоема, его притоков и водосборной площади;

д) оценка воды на основании материалов гидрологического и санитарного обследования и анализа воды;

е) в случае использования реки выбор места для водозабирающего сооружения должен быть проведен с учетом расположения на реке мест для купания, стирки, водопоя скота, замочки, переправ и тому подобных пунктов, загрязняющих воду;

ж) при использовании в качестве водонисточника озер или прудов должны быть учтены возможности водозабора из точек, наиболее удаленных от берега и вне сферы загрязнения;

з) при заборе воды из источника водоснабжения для водопровода необходимо иметь в виду организацию зоны охраны источников водоснабжения согласно постановлению ЦИК и СНК СССР от 17 мая 1937 г., № 96/834 (см. приложение 1 на стр. 703).

## ГЛАВА IV

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАНТАЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ

#### § 12. Шахтные колодцы

Шахтными колодцами называются сооружения для добывания подземных вод, устраиваемые в виде шахты, укрепленной деревом, камнем, кирпичом, бетоном или железо-бетоном и другими материалами.

В зависимости от материала крепления стенок шахтные колодцы носят название деревянных срубовых, каменных, кирпичных, бетонных и железо-бетонных.

Шахтные колодцы служат для добывания подземных вод из водоносных горизонтов, залегающих на глубине до 30—40 м.

Шахтные колодцы в жилой зоне распределяют равномерно, чтобы радиус действия каждого колодца был не более 75—100 м.

В производственной усадебной зоне шахтные колодцы приближают к местам наибольшего водопотребления (скотные дворы, фермы, молочные,

бани, прачечные и т. п.), располагая их с разрывом от мест возможного загрязнения (скотные дворы, конюшни, уборные, помойные ямы и т. п.) не менее чем на 20—25 м.

На полевых и пастбищных угодиях шахтные колодцы располагают в зависимости от специализации хозяйства.

При среднем дебите средний радиус обслуживания одного шахтного колодца можно принимать:

Для зерновых хозяйств . . . 5 км	Для свиноводческих . . . . . 2 км
» молочно-животноводче- ских и скотоводческих . . . 3—4 км	» овцеводческих . . . . . 3,5—4 км
	» коневодческих . . . . . 4 км

Радиус обслуживания  $\frac{1}{2}$  одного колодца зависит также и от дебита колодца.

Размещение колодцев по обводняемой территории и выбор расстояния между ними целесообразно намечать в зависимости от организации полевых работ и организации пастбища.

При организации полевых работ размещение источников водоснабжения приурочивают к линиям обслуживания, устраивая колодцы вблизи заправочных пунктов.

При организации пастбищных территорий размещение водоисточников согласовывают со способами пастбы, производительностью пастбищ, скоростью передвижения животных по пастбищу.

Деревянные шахтные колодцы устраиваются чаще всего квадратного сечения и реже шести- и восьмиугольного, а каменные, кирпичные, бетонные и железобетонные — кругового сечения.

Размеры колодца устанавливаются в зависимости от условий рытья шахты, эксплуатации и дебита.

При квадратной форме колодца внутренние размеры обычно равны 1×1 м или 1,4×1,4, а в колодцах противопожарного значения внутренние размеры дают до 2×2 м.

При круглой форме шахтного колодца принимают обычно диаметр в 1 м.

При необходимости придать колодцу наиболее рациональные размеры, соответствующие гидравлическим условиям водоносной породы, диаметр определяют по следующим формулам:

а) для колодца, собирающего воду только через дно:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{q}{k_2 \varphi v}};$$

б) для колодца, собирающего воду только боковыми стенками:

$$D = \frac{q}{\pi k_2 f H_e \varphi v};$$

в) для колодца, собирающего воду дном и стенками:

$$D = \sqrt{4f^2 H_e^2 + \frac{q}{\pi k_2 \varphi f}} - 2f H_e;$$

где  $D$  — диаметр колодца в метрах;

$q$  — дебит колодца в кубических метрах в секунду;

$k_2 = 0,15—0,35$  — коэффициент пористости грунтов;

$\varphi = 0,6—0,4$  — практический коэффициент уменьшения скорости притекающей в колодец воды;

$f$  — площадь отверстий в метрах на 1 м<sup>2</sup> боковой дырчатой поверхности колодца;

$H_e$  — полезная высота боковой собирающей поверхности колодца в метрах;

$v$  — скорость движения воды в метрах в секунду; в зависимости от диаметра зерен песка она равна:

Диаметр зерен песка (в миллиметрах)	Скорость в метрах в секунду $v$	Диаметр зерен песка (в миллиметрах)	Скорость в метрах в секунду $v$
0,25	0,04	1,25	0,13
0,50	0,07	1,50	0,15
0,75	0,09	1,75	0,17
1,00	0,11	2,00	0,18

Поперечное сечение колодца по всей глубине делается однообразным, за исключением следующих случаев, когда сечение приходится расширять:

- при недостаточном притоке воды из водоснабжающего слоя;
- при поступлении воды в колодец через дно;
- при пльвуне; когда расширяющаяся нижняя часть предохраняет колодец от заиливания;
- при необходимости иметь запас воды на случай усиленного разбора или пожара.

Такое уширение колодца носит название *штра*.

Размеры поперечного сечения *штра* увеличиваются по сравнению со средней частью деревянного колодца на 0,5 м в каждую сторону. Высота *штра* делается до 2 м.

Надземная часть колодца делается по сравнению со средней несколько суженной (до 0,7 м) в целях предохранения стенок колодца от обивания ведрами.

Глубина воды в колодце должна быть 1,5—2 м.

На дне колодца, при мелких песках, делается обратный фильтр из более крупного песка, гальки или мелкого щебня.

При водоносных породах мощностью менее 1 м в целях создания в колодце запаса воды глубиною не менее 1,5—2 м устраивается углубление сруба в постилающую водоупорную породу, так называемый *зумф*.

**1. Колодцы деревянные (срубовые).** Деревянные колодцы квадратного сечения имеют размеры в свету 1×1 м или 1,4×1,4 м.

Наиболее ходовыми породами для устройства деревянных колодцев являются (в порядке пригодности): дуб, лиственница, сосна, ольха, вяз, береза и др.

Лес должен быть хорошего качества, здоровый, прямой, не зараженный грибом, без червоточин и трещин.

Для сруба берется круглый лес диаметром 13—18 см или же пластины в 11 см толщиной.

Звенья в углах соединяются в лапу с потайным шипом или без шипа.

Венцы припазовываются и соединяются между собой вставными дубовыми шипами высотой 10 см, через 0,5 м — 0,7 м.

Установка сруба в шахту производится следующими способами.

а) Сборка заранее заготовленного сруба со дна шахты применяется в плотных породах, при глубине шахты не свыше 10 м — без

крепления стенок шахты, а в разнородных грунтах и большей глубине шахты — с временным креплением.

б) Опуской с наращиванием венцов сверху применяется в рыхлых грунтах.

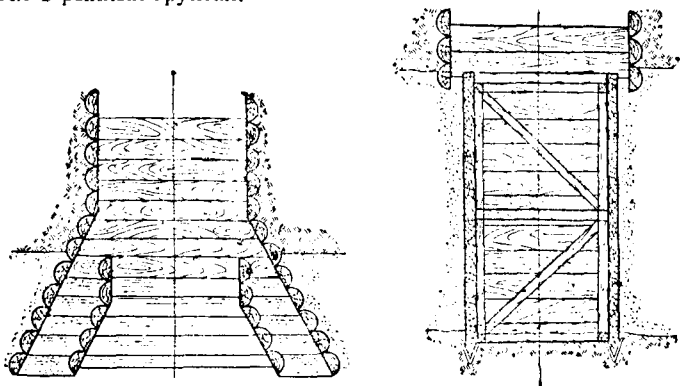


Рис. 283.

в) С наращиванием венцов снизу применяется в колодцах значительной глубины и при различных грунтах, преимущественно плотных.

г) Кессонный — применяется при водоносных пластах незначительной мощности или плывунах при необходимости установки внутреннего сруба.

При плывунах углубление колодцев производится следующими способами.

а) Устраняют шатер квадратного сечения со стороной 2—3 м и высотой около 2 м. В этот шатер вставляют второй, так называемый внутренний, или водяной, шатер, стенки которого (от внешнего шатра) отстоят на 0,3—0,7 м. Внутренний шатер делают в виде обычного сруба. Дно внутреннего шатра при сильном напоре обделяют полом, а при слабом — засыпают слоем гравия толщиной в 15—20 см (рис. 283).

б) В плывунах мощностью не более 2 м, более жидких и с сильным напором, углубление ведут при помощи ящика из толстых 5-сантиметровых шпунтованных досок. Нижняя часть ящика снабжается режущими гранями. Внутренние размеры ящика — около 0,75×0,75 м (рис. 284).

в) В плывунах мощностью более 2 м углубление в плывуны ведут при помощи шпунтового ряда из досок длиной до 2,5 м и толщиной около 5 см. Шпунтовый ряд поддерживается распорными рамами по

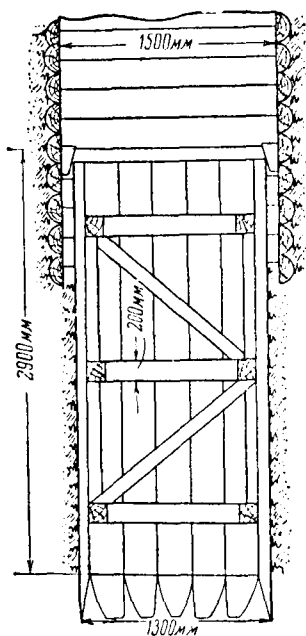


Рис. 285.

высоте через 0,7—1 м. Забивка шпунтовых досок производится вручную или бабой, подвешенной к канату, опирающемуся на блок, поставленный на край надземной части сруба (рис. 285).

Шпунтовыми рядами из досок также проходят пльвуны и нежелательные (соленые, загрязненные) водоносные горизонты (рис. 286, а и б).

Наземную часть, особенно у неглубоких колодцев, в условиях холодного климата на севере или жаркого на юге, обделяют на высоту 0,7—0,8 м срубом меньшего размера — 0,7×0,7, обшивая в целях изоляции сруб с боков тесом, а сверху снабжая крышкой (рис. 287).

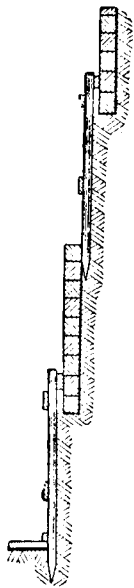


Рис. 286, а.

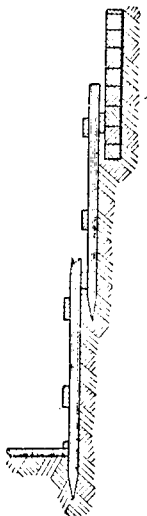


Рис. 286, б.

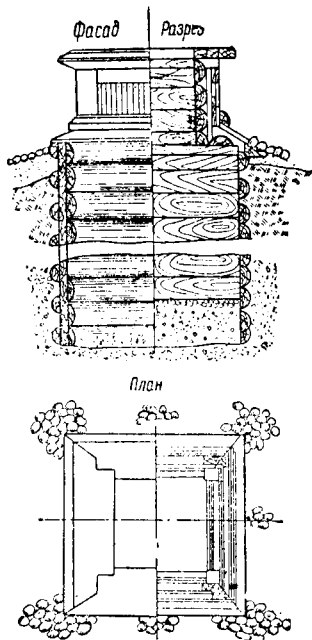


Рис. 287.

Вокруг верхней части колодца, во избежание проникновения поверхностных и почвенных вод, делают глиняный замок глубиною 1—1,4 м и шириною 1 м (рис. 288).

Для изоляции колодца от попадания в него поверхностной воды и для поддержания чистоты делают мостовую или асфальтированную площадку шириною не менее 2 м с уклоном от колодца в  $\frac{1}{10}$ ; по краям такой площадки необходимо делать замощенные канавки с надежным отводом из них воды.

Целесообразно устраивать вокруг колодца ограждения из 2—3 жердей, пришитых к столбам. Сплошных заборов делать не рекомендуется.

Срок службы дубового колодца — 20—25 лет; лиственничного — 15—20 лет и соснового — 10—12 лет.

**2. Колодцы шахтные кирпичные.** Материалом для кирпичных колодцев является хорошо обожженный (лучше железняк) обыкновенный или

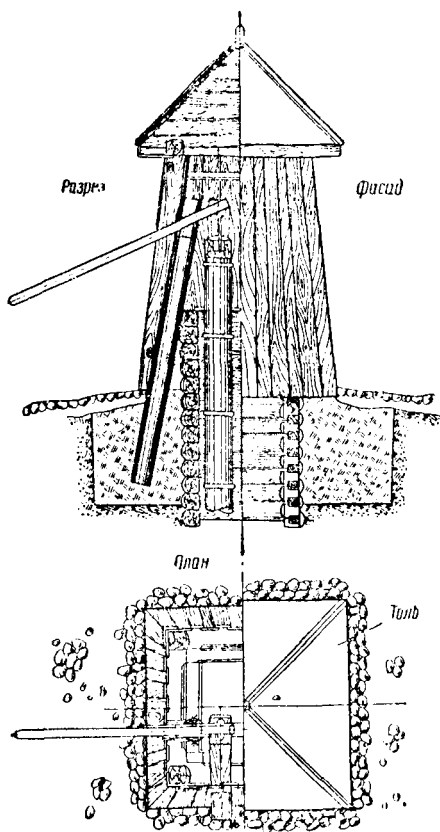


Рис. 288.

лекальный кирпич. Кладка кирпичных колодезев производится, как правило, на цементном растворе 1 : 3 или 1 : 4.

Форма сечения обычно круглая и реже квадратная и шестигранная. Внутренний диаметр (или сторона квадрата) — не менее 1 м. Толщина стенок кирпичного колодезя делается не меньше чем в один кирпич и зависит от внутреннего диаметра колодезя.

Зависимость толщины стенок колодезя  $b$  (в сантиметрах) от внутреннего диаметра  $D$  выражается формулой:

$$b = 0,1D + 11,$$

где  $D$  — диаметр колодезя в сантиметрах.

Внутри, по всей глубине подземной части, и снаружи, в надземной части, стенки кирпичного колодезя штукатурятся цементным раствором 1 : 1.

При небольших глубинах кирпичные колодези устраиваются в заранее вырытой шахте, на горизонтально выровненное дно которой кладется прочная основная деревянная рама.

При больших глубинах кирпичные колодези устраи-

вают опускным способом с наращиванием стенок сверху. В основание колодезя кладут прочную деревянную раму, а при колодезях большого размера — железную раму.

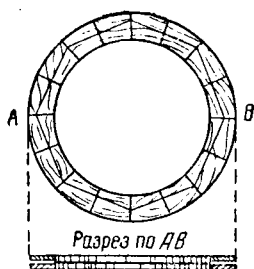
В целях предупреждения разрыва кладки в нее через 1—1,5 м закладывают деревянные промежуточные рамы или железные кольца, связанные обычно 4—6 анкерами из пруткового железа толщиной 10—15 мм.

В колодезях большого диаметра число анкеров  $n$  определяют по формуле:

$$n = \frac{\pi D}{1,2}.$$

Площадь поперечного сечения  $f$  каждого анкера определяют по формуле:

$$f = \frac{10D}{n} \text{ см}^2,$$



где  $D$  — диаметр колодца в метрах;  
 $n$  — число анкеров.

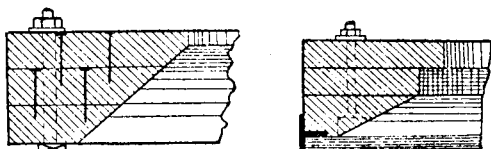


Рис. 289.

Конструкция основных деревянных рам показана на рис. 289.

Конструкция основных железных рам показана на рис. 290.

Обычно толщина железа берется в 5—10 мм; точнее она определяется по формуле:

$$S = 2 D \text{ мм,}$$

где  $S$  — толщина железа в миллиметрах,

$D$  — диаметр рамы в метрах.

Ширина основной рамы обычно берется равной толщине стенок кладки, а при толщине стенок, превышающей 0,5 м, ширина рамы берется равной 0,8 толщины стенок.

Ширина равнобоких уголков для укрепления пожа должна быть не более 80 мм.

Стенки подводной части кирпичных колодцев, если вода поступает только через стенки, снабжают отверстиями. Иногда оставляют в кладке нерасшитые швы, через 2—3 ряда кладки в вертикальном направлении и через 2—3 кирпича в горизонтальном направлении, располагая их в шахматном порядке.

Дно колодцев засыпают слоем гравия толщиной 25—30 см.

Углубление в плывучие грунты ведут при помощи шпунтованного ящика или шпунтованного ряда, как это описано при углублении деревянных колодцев.

Один из способов такого углубления показан на рис. 291.

Кладка верхней части кирпичных колодцев (оголовка) обычная; она имеет такую же форму, как и подземная часть, но только штукатурка с внешней стороны цементным раствором делается более толстой, чем внутри.

Глиняный замок необходим у кирпичных колодцев при незначительной их глубине и сильной проницаемости почв и грунтов.

В верхней части оголовка делают отливы шириною в 30—35 см.

Отливы делают также и на высоте поверхности земли. Высота оголовка обычно — 0,7 м. Отмостка вокруг оголовка и водоотводные канавы такие же, как и при деревянных колодцах.

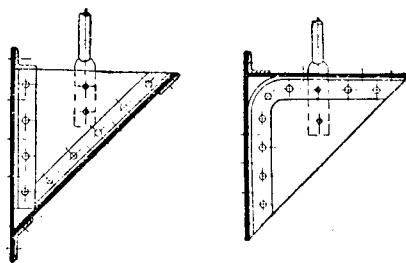


Рис. 290.

Срок службы кирпичных колодцев — 25—30 лет.

**3. Колодцы шахтные каменные.** Камень для крепления стенок шахты должен быть постелистым, крепким, без трещин, не должен окрашивать воду, не должен размокать и растрескиваться в ней и таким образом портить качество воды.

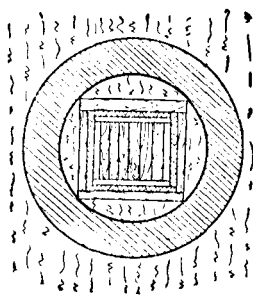
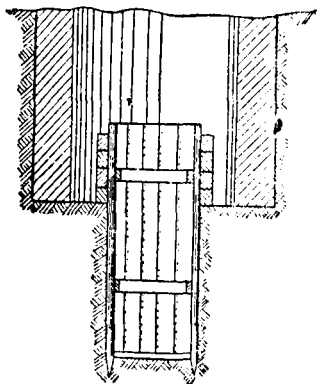


Рис. 291

Камень не должен забирать в себя воды более  $\frac{1}{20}$  собственного веса.

Каменные колодцы делают круглого и реже квадратного сечения. Диаметр круглого колодца обычно равен от 0,75 до 1 м, а сечение квадратного —  $1 \times 1$  м<sup>2</sup> и  $1,25 \times 1,25$  м.

Толщина стенок — не менее 0,25 м; при колодцах большого диаметра толщина стенок зависит от диаметра колодца и может быть взята следующих размеров:

Диаметр колодца (в метрах)	Толщина стенок (в метрах)	Диаметр колодца (в метрах)	Толщина стенок (в метрах)
1,5	0,25	3,0	0,51
2,0	0,33	3,5	0,51
2,5	0,38	4,0—5,0	0,66

При глубоких колодцах кладка производится на цементном растворе 1 : 3 или 1 : 4.

При колодцах глубиной не свыше 10 м кладку на цементном растворе производят только с поверхности на глубину 1—2 м и в местах перекрытия нежелательных водоносных горизонтов; в остальной же части производят кладку насухо, но при условии тщательной работы с перевязкой и расщелбенкой швов.

В остальных деталях каменные колодцы по конструкции и производству работ ничем не отличаются от кирпичных.

**4. Бетонные и железобетонные колодцы.** Материалом для устройства бетонных и железобетонных колодцев является бетон, приготовленный

из 1 части цемента, 2—3 частей песка и 5—7 частей гравия или щебня или из 1 части цемента и 4—5 частей песка. Цемент и песок, применяемые при строительстве бетонных и железобетонных колодцев, — обычные, щебень же для устройства колодца допускается из естественных камней и из кирпича-железняка.

При устройстве железобетонных колодцев, кроме бетона, берется арматура из проволоки толщиной в 5—10 мм для горизонтальных колец и 16—20 мм для вертикальных стержней.

Бетонные и железобетонные колодцы могут быть сделаны из сплошного набивного бетона или железобетона.

Наиболее широкое применение получили колодцы из бетонных или железобетонных колец, внутренним диаметром 1 м, высотой 0,8 м, с толщиной стенок для бетонных колец 8—10 см, и железобетонных 5—9 см.

Бетонные колодцы из бетонных сегментов строятся реже.

Сегменты берутся средней длиной 30—40 см, высотой — 18 см и шириной — 10—15 см. Средняя длина сегмента зависит от внутреннего диаметра колодца и обычно берется из расчета 6—8 сегментов в ряду.

Реже встречаются колодцы из железобетонных пластин. Пластины берутся прямоугольного сечения размером 250×70 мм; концы пластин для сопряжения в углах обделываются в виде косой лапы.

Внутри пластин закладывается арматура из трех стержней толщиной 6 мм, связанных между собой нежной проволокой. Состав бетона для железобетонных пластин — 1 : 2 : 3. Вес пластин — около 40 кг.

Толщину стенок бетонных колодцев  $b$  (в сантиметрах) в зависимости от внутреннего диаметра  $D$  определяют по формуле:

$$b = 10D + \text{от 5 до 10 см,}$$

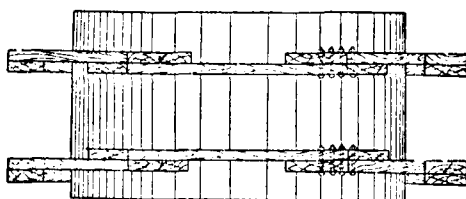
а для железобетонных:

$$b = 8D + \text{от 5 до 10 см,}$$

где  $D$  берется в метрах.

Бетонные и железобетонные кольца изготовляют в деревянных (рис. 292) или в металлических формах.

Боковой вид



План

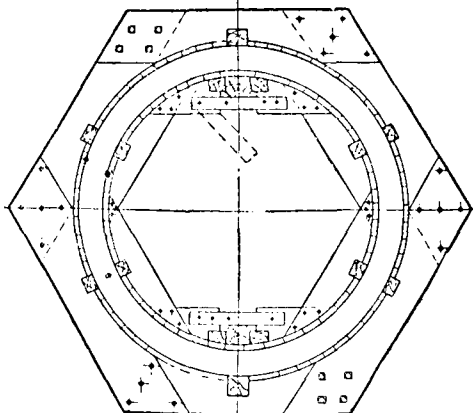


Рис. 292.

Приготовление бетонной массы производят машинным способом в бетоносмесителях, но часто и ручным способом.

Ручной способ применяется при заготовках незначительного количества колец и состоит из следующего.

Сначала смешивают насухо цемент и песок. Приготовленную смесь разравнивают на досчатом настиле в виде продолговатой и невысокой грядки с углублением посередине. Затем в середину прибавляют гравия или щебня и перелопачивают 3—4 раза. При перемешивании всю массу смачивают водой из лейки.

Приготовленная бетонная масса затем укладывается в формы слоями в 10 см и трамбуется до появления «молока».

Чтобы бетон при заполнении формы не пристал к стенкам, их смазывают нефтью или олеонафтом.

Как только бетон схватится, его освобождают от формы. После снятия формы кольцо поливают 2—3 раза в день из лейки в продолжение 14—20 дней, не допуская появления мучнистого налета на поверхности.

Приготовление колец производят обязательно под навесом, укрывая их от заморозков, ветра и солнечной радиации рогожами, мешками и соломенными матами. Перевозка колец допустима не ранее месяца с момента их изготовления.

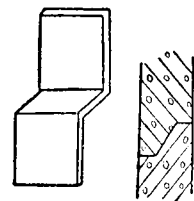


Рис. 293.

Количество цемента, песка, гравия или щебня на приготовление 1 м<sup>3</sup> бетона можно определять по следующей таблице:

*Количество составных частей для приготовления 1 м<sup>3</sup> бетона*

Пропорция составных частей бетона	При гравии с 45% пустот			При гравии с 50% пустот		
	Цемент (в килограммах)	Песка (в куб. метрах)	Гравия (в куб. метрах)	Цемент (в килограммах)	Песка (в куб. метрах)	Гравия (в куб. метрах)
1 : 1,5 : 2	275	0,503	0,645	492	0,520	0,667
1 : 1,5 : 3	404	0,427	0,822	421	0,445	0,857
1 : 2 : 3	365	0,515	0,741	379	0,535	0,771
1 : 2 : 4	321	0,453	0,870	336	0,474	0,910
1 : 2 : 5	287	0,405	0,972	—	—	—
1 : 2,5 : 5	267	0,470	0,901	279	0,491	0,944
1 : 3 : 4	272	0,581	0,740	284	0,604	0,768
1 : 3 : 5	248	0,528	0,839	259	0,551	0,876
1 : 3 : 6	226	0,483	0,922	238	0,507	0,966
1 : 3 : 7	210	0,446	0,922	—	—	—

Бетонные кольца соединяются между собой тремя способами:

а) впритык на цементном растворе состава 1 : 4; для предотвращения сдвигов в трех местах укладываются изогнутые в противоположные стороны под прямым углом прокладки из полосового железа толщиной в 2 мм и шириной в 50—80 мм (рис. 293, слева);

б) прямыми фальцами, представляющими вынутые четверти по внешней и внутренней кромке нижнего кольца;

в) косыми фальцами, когда ребро четверти скошено (рис. 293, справа). Соединение фальцами производят только при толщине стенок кольца не менее 8 см, при меньшей ширине соединение делают в виде раструбов.

Установку бетонных и железобетонных колец в шахте производят двумя способами:

а) непосредственной установкой колец на выровненное дно шахты с креплением или без крепления стенок шахты временной крепью;

б) опускным способом с парашиванием колец сверху. Дно шахты при этом способе выравнивается, и первое снизу кольцо устанавливается на основную раму с пожом.

Кольца опускают в шахту на канате при помощи кабестана, ворота или при помощи треноги и прикрепленной к ней тали или в крайнем случае блока.

Канат одним концом прикрепляется к кольцу барабана кабестана или к валу ворота, другой конец каната состоит из трех концов с крючьями для подхватывания кольца.

При прохождении пловунов применяют шпунтованный ящик или шпунтованные ряды, описанные при устройстве деревянных колодезев.

Надземная часть бетонных и железо-бетонных колодезев возвышается над землей на 0,8 м и состоит из более массивного кольца с отливками по концам. Сверху колодез обделывают деревянной крышкой.

Вокруг колодеза делается отмостка, канавки и ограда обычным способом.

Глиняный замок у бетонных колодезев применяют при наличии малой глубины и сильно проницаемых почв и грунтов.

В стенках подводной части колодеза в целях увеличения притока воды делают квадратные, круглые или шелевидные отверстия, располагая их в шахматном порядке.

Дно колодеза засыпают гравием на толщину 25—30 см.

Срок службы бетонных и железо-бетонных колодезев — 30—35 лет.

### § 13. Трубчатые колодезы

Трубчатые колодезы устраиваются для добывания подземных вод с глубины свыше 30 м.

Трубчатые колодезы разделяют на две группы: 1) мелкие колодезы, предназначенные для добывания грунтовых вод (безнапорных подземных вод), и 2) глубокие колодезы, использующие глубокие напорные подземные водоносные горизонты.

**1. Абиссинские колодезы (мелкие трубчатые).** Абиссинские колодезы служат для получения воды с глубины не больше 7—8 м.

Абиссинский колодез состоит из железной трубы диаметром 3—8 см. Труба обычно состоит из отдельных звеньев, свинчиваемых бочкообразными муфтами, затем из наконечника с фильтром и насосного всасывающего цилиндра (насосной колонки). Фильтр навинчен на последнее звено и состоит из соединительной муфты и дырчатой трубы, перекрытой снаружи латунной сеткой. Фильтр снабжен пирамидальным или винтовым наконечником.

Насосная колонка состоит из всасывающего поршневого насоса с проходным поршнем.

Насос имеет два клапана: в поршне — захлопной и в конце всасывающей трубы — шаровой.

Производительность абиссинского насоса при достаточном притоке воды из водоносной породы следующая:

Диаметр всасывающей трубы (в миллиметрах) . . . . .	32	38	44	50
Диаметр насосного цилиндра (в миллиметрах) . . . . .	64	75	89	100
Длина хода поршня (в миллиметрах) . . . . .	200	200	200	200
Производительность при 50 ходах в минуту (в литрах) . . . . .	20	32	50	65

Установка абиссинских колодцев очень проста и состоит в следующем.

На выбранном месте, обычно в долинах рек, догов и других низменностей, устанавливают треногу (рис. 294), а на вбиваемую в землю трубу надевают железный хомут, плотно притянутый к трубе болтами. Верхнюю часть трубы пропускают через кольцообразную головку треноги, к которой прикреплены два блока. Через блоки перекинута веревка, к одному концу которых прикреплена чугунная баба, а другие два конца служат стремянками. Поднимая и опуская бабу, забивают трубу в грунт до водоносного горизонта. В водоносный горизонт фильтр опускают на

такую глубину, при которой динамический горизонт покрывает фильтр не менее 0,5 м.

Если грунт глинистый и пирамидальным наконечником его пройти трудно, трубу не вбивают, а ввинчивают при посредстве штопорообразного наконечника.

Для успешного применения абиссинских колодцев необходимы следующие условия.

а) Водоносный горизонт должен быть не глубже 7—8 м от поверхности.

б) Водоносный горизонт должен обладать мощностью, превышающей производительность насоса.

в) Грунты должны

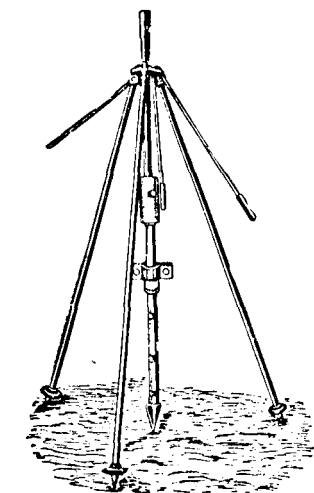
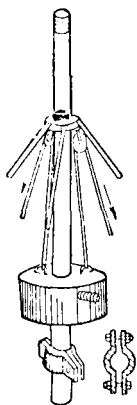


Рис. 294.



быть мягкие и рыхлые, без каменных включений.

г) Водоснабжение при помощи абиссинских колодцев может быть временным или для небольшого числа потребителей.

д) Водоносные горизонты, из которых получается вода, должны быть гарантированы от загрязнения.

**2. Трубочатые глубокие, или артезианские, колодцы.** Глубокие трубочатые колодцы делают обычно в том случае, если глубина залегания водоносных горизонтов свыше 30—35 м. Буровые колодцы состоят из скважины, закрепленной преимущественно стальными обсадными колоннами, расположенными телескопически и составленными из труб, свинченных муфтами, и водоподъемного приспособления.

Обсадные трубы имеют длину от 2 до 7 м; они должны быть прямыми, с хорошей нарезкой.

Основные размеры обсадных труб, применяемых в СССР, показаны в следующих таблицах (см. таблицы «Обсадные трубы для неглубокого бурения» и «Обсадные трубы бакинского типа», стр. 647).

До последнего времени употреблялись трубы бакинского и грозненского типа.

С 1937 г. стали применять трубы по стандарту ГУМП-1569, а теперь разрабатывается новый стандарт.

Диаметры труб выбирают для буровых колодцев в зависимости от глубины скважины, рода грунта и метода бурения,

Обсадные трубы для неглубокого бурения с соединениями на муфтах

Наружный диаметр		Толщина стенок (в миллиметрах)	Вес 1 пог. м (в килограммах)	Наружный диаметр		Толщина стенок (в миллиметрах)	Вес 1 пог. м (в килограммах)
в дюймах	в миллиметрах			в дюймах	в миллиметрах		
2 1/4	70	5	7,21	7	178	5 1/2	23,40
3	76	5	8,75	7 1/2	191	5 1/2	25,16
3 1/4	89	5	10,65	8	203	6	29,15
3 3/4	95	5	11,10	8 1/2	216	6 1/2	33,58
4	102	5	11,96	9	229	6 1/2	35,67
4 1/4	114	5	13,44	9 1/2	241	6 1/2	37,59
5	127	5 1/2	16,48	10	254	7	42,64
5 1/4	140	5 1/2	18,24	10 1/2	267	7	44,88
6	152	5 1/2	19,87	11	270	7 1/2	50,22
6 1/2	165	5 1/2	21,63	12	305	7 1/2	55,03

Обсадные трубы бакинського типа

Диаметр		Толщина стенки (в миллиметрах)	Вес 1 пог. м (в килограммах)	Диаметр		Толщина стенки (в миллиметрах)	Вес 1 пог. м (в килограммах)
в дюймах	в миллиметрах			в дюймах	в миллиметрах		
4	114	5,5	14,92	14	377	9	90,63
6	168	6,35	27,93	14	377	10	99,44
6	168	7	30,40	16	426	10	113,40
8	219	7	40,45	16	426	11	123,38
8	219	8	45,48	18	476	10	127,29
10	273	8	57,77	18	476	11	138,51
10	273	9	64,08	20	527	11	154,29
12	325	8,5	73,43	20	527	12	166,70
12	325	9	77,22				

При разведочном бурении конечный диаметр скважины принимается в 80 мм.

В мало- и среднесустойчивых породах при ударном бурении на каждые 40—60 м глубины скважины начальный диаметр увеличивается на 50 мм.

При вращательном способе бурения с глинистой промывкой крепление стенок скважины проектируется из двух колонн—защитной и эксплуатационной, причем последняя берется такого внутреннего диаметра, который позволил бы установить в ней водоподъемное приспособление и фильтр.

Определение внутреннего диаметра эксплуатационной колонны в случае подъема воды поршневым глубоководным насосом производят, исходя из размера наружного диаметра насосного цилиндра, а также толщины муфты, соединяющей насосный цилиндр с трубами; дополнительно прибавляют 12—18 мм на зазор между наружным диаметром муфты насосного цилиндра и внутренним диаметром эксплуатационной колонны.

При определении внутреннего диаметра эксплуатационной трубы в случае подъема воды центробежными насосами, устанавливаемыми на поверхности земли или в шахте, и радиальными насосами руководствуются габаритными размерами каталогов заводов-изготовителей.

Место для артезианского глубокого колодца выбирается обычно с таким расчетом, чтобы скотные дворы, конюшни, помойные ямы и т. п. отстояли от него не менее чем на 20—25 м.

Место для артезианского колодца должно быть обеспечено отводом дождевых вод, а следовательно, предохранено от затопления и подтопления.

По конструкции различают следующие типы буровых глубоких колодцев.

а) Колодцы, имеющие водоносный горизонт, состоящий из крупнозернистого песка, и не нуждающиеся в устройстве фильтрующей сетки. Диаметр такого колодца берется около 100 мм. Поверхность труб в пределах водоносного горизонта снабжается вертикальными щелями размером  $10 \times 100$  мм или же круглыми отверстиями диаметром 8—10 мм. Площадь отверстий должна составлять 20—40% всей поверхности трубы, соприкасающейся с водоносной породой.

б) Колодцы, опущенные в водоносный пласт из среднезернистого песка, в котором количество мелкой фракции с величиною зерен до 0,2 мм не превышает 50%, снабжаются сетчатым фильтром. Сетчатый фильтр со-

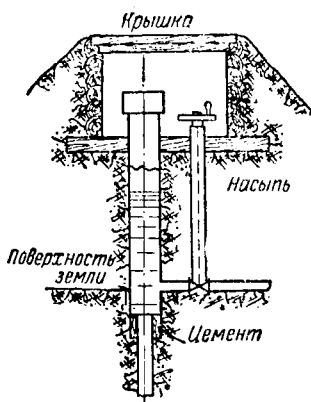


Рис. 295.

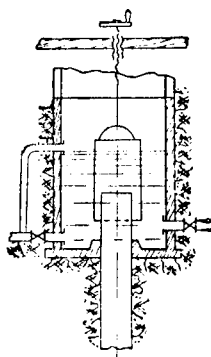


Рис. 295а.

стоит из дырчатой (диаметр дыр не меньше 8 мм) трубы, обтянутой латунной сеткой. Для того чтобы латунная сетка работала на всей длине, по поверхности трубы папаивают проволоку диаметром от 3 до 6 мм, располагая ее параллельно оси трубы через расстояние от 10 до 30 мм.

Поверх напаянной проволоки натягивают латунную сетку, спаивая ее по шву. Отверстия в фильтровальной сетке выбирают с расчетом, чтобы в фильтр могло проникнуть не более 40—60% материала водоносного слоя.

Считают, что нормально при крупном хряще через фильтр проникает 20—30%, при среднем — 30—40% и при песках — 40—60% материала водоносной породы.

в) Колодцы, имеющие водоприемную часть в водоносной породе, состоящей из мелкого песка, снабжаются гравийными фильтрами без сетки. Такие фильтры состоят из дырчатой трубы, вокруг которой отсыпается несколько слоев зернистого материала; при этом диаметр зерен постепенно уменьшают, начиная от поверхности трубы. Обычно такой фильтр на практике состоит из двух концентрических слоев толщиной каждый около 10 см, с соотношением диаметров зерен в соседних слоях в пределах 1 : 8.

Диаметр дырчатой трубы без сетчатого фильтра определяется по формуле:

$$d = \frac{Q}{2 \cdot m h v},$$

где  $d$  — диаметр дырчатой трубы в метрах;  
 $Q$  — расход воды из колодца в кубических метрах;  
 $m$  — отношение площади отверстий на трубе к площади всей трубы (обычно от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{5}$ );  
 $h$  — длина в метрах дырчатой части колодца ниже динамического уровня;  
 $v$  — допустимая скорость поступления воды в колодец (в метрах в секунду), при которой не происходит вымывания частиц грунта.

При водоподъеме из скважин наибольшим распространением пользуются штанговые насосы. Цилиндр штанговых насосов обычно подвешивается к нагнетательной трубе и снабжен (снизу) всасывающей трубой длиной 1—3 м, дающей возможность поднимать воду в случае понижения рабочего уровня.

Насосный цилиндр при отсутствии всасывающей трубы погружается под рабочий уровень не менее чем на 0,75 м. На такую же глубину погружается приемный клапан всасывающей трубы.

Для равномерной подачи воды и для смягчения ударов при необходимости подачи воды на значительную высоту применяют воздушные колпаки и дифференциальные штоки (дифференциальные плунжеры).

Для уравнивания работы штанговой гарнитуры рычаг снабжают противовесом.

Вес противовеса  $G$  при отсутствии дифференциального плунжера определяют по формуле:

$$G = \frac{\gamma F (H_0 + H) + 2g}{2} \cdot \frac{l_2}{l_1};$$

а при наличии дифференциального плунжера по формуле:

$$G = \left[ \frac{\gamma F (H_0 + H)}{2} - \gamma f H_0 + g \right] \frac{l_2}{l_1},$$

где  $\gamma$  — вес одного кубического метра воды в килограммах;  
 $F$  — площадь поршня в квадратных метрах;  
 $f$  — площадь сечения плунжера в квадратных метрах;  
 $H_0$  — высота столба воды в напорном трубопроводе выше воздушного колпака, включая потери напора, в метрах;  
 $H$  — высота столба воды от динамического уровня воды до воздушного колпака на нагнетательной трубе (в метрах);  
 $G$  — вес штанг и поршня в килограммах;  
 $l_1$  и  $l_2$  — длина плеч неравноплечего рычага в метрах.

Фонтанирующие скважины в целях регулирования самоизлива и более бережного использования артезианского горизонта снабжают регулируемыми патрубками или регулирующими задвижками (рис. 295 и 295а),

Допустимая скорость и потребный диаметр фильтра (по Гроссу)

Диаметр зерен водоносного песка	Скорость (в метрах в секунду)	Диаметр фильтра (в миллиметрах)
60% меньше 1 мм . .	0,002	0,007
40% » 0,5 мм	0,001	0,003
40% » 0,25 мм	0,0005	0,0015

## § 14. Вакуум-колодцы

При устройстве шахтных колодцев в водоносных пластах с слабой водоотдающей способностью увеличение диаметра колодца мало влияет на увеличение дебита. Исследованиями ВНИИГиМ установлено, что в таких колодцах целесообразнее не увеличивать размеров шахты, а лучше делать над наивысшим уровнем грунтовой воды досчатый настил с глиняным перекрытием в 0,75—0,90 м.

Такой колодец носит название вакуум-колодца; он обладает производительностью, как показали опыты, в 2—3 раза большей по сравнению с обыкновенным колодцем. Подъем воды из таких колодцев производится при помощи обычных насосов, всасывающая труба которых опускается через глиняное перекрытие и досчатый настил с соблюдением герметичности в надводной части колодца.

В вакуум-колодец может быть также превращен любой трубчатый колодец, в котором роль глиняного перекрытия играет тампон — пробка с резиновым кружком (см. рис. 296).

## ГЛАВА V

### КОЛОДЕЗНЫЕ ВОДОПОДЪЕМНИКИ И НАСОСЫ

#### § 15. Колодезные водоподъемники

**Блок.** Блок устанавливают на наклонном бруске или на перекладине. Он применяется при небольших глубинах, не превышающих 10 м. Диаметр блока равен около  $8d$ , где  $d$  — диаметр веревки или каната.

**Журавль.** Журавль применяется при подъеме воды с глубины около 10 м. Расстояние от центра колодца до стойки журавля:

$$x = \sqrt{l^2 - \frac{h^2}{4}} \text{ м,}$$

а высота стойки:

$$a = \frac{h}{2} + 0,70 \text{ м,}$$

где  $l$  — длина (в метрах) большого плеча журавля, к которому прикреплена веревка или шест с бадьей;

$h$  — глубина колодца от крышки до уровня воды (в метрах).

**Ворот с ручками.** Применяется при глубине колодца до 20 м. Основные размеры ворота: диаметр вала — около 0,2—0,3 м, длина рукоятки — 0,3—0,4 м, плечо рукоятки — 0,3—0,4 м, ось ворота расположена над землей на высоте 1,2 м.

При установлении более точных размеров ворота пользуются формулой:

$$(p+P) \frac{d}{2} = 12,28 b,$$

где  $p$  — вес бадьи или ведра в килограммах;

$P$  — вес воды в бадье в килограммах;

$d$  — диаметр вала в метрах;

$b$  — длина плеча рукоятки в метрах.

**Ворот с колесом.** Этот ворот применяется при глубине колодца свыше 20 м. Обычные размеры установки: диаметр колеса — 2 м, ширина обода — 0,2—0,25 м.

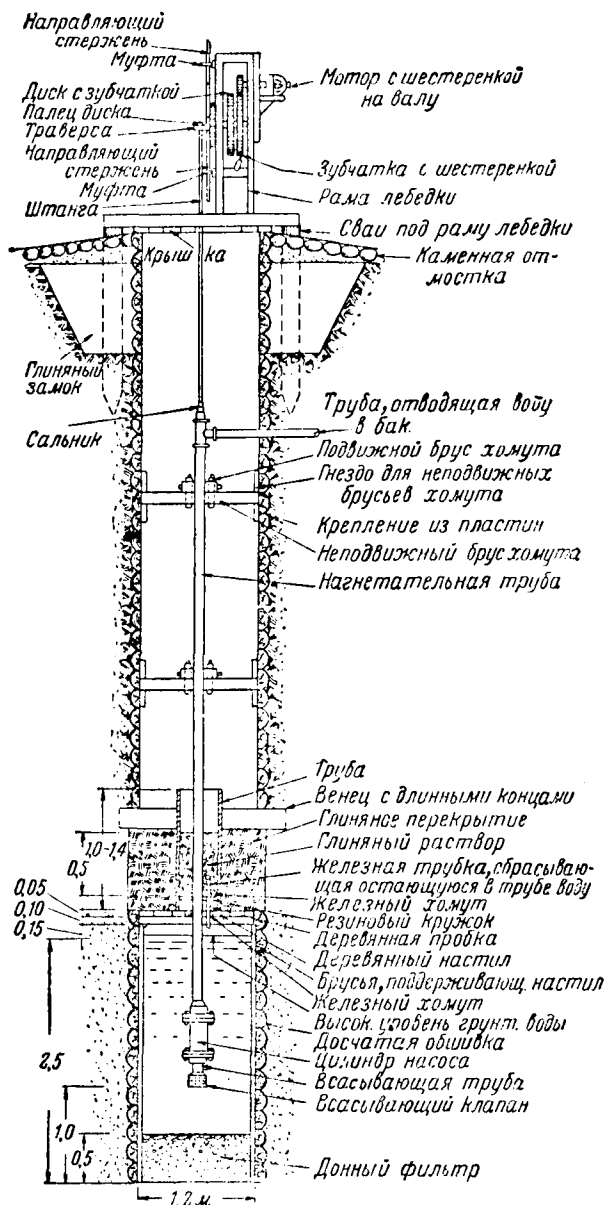


Рис. 296. Деревянный шахтный вакуум-колодец с поршневым насосом и лебедкой типа Московского метрострой.

## § 16. Насосы

Насосы поршневые, крыльчатые, гидравлические тараны и ветронасосные установки и т. п. указываются в разделе насосов.

Стоимость подъема 1 м<sup>3</sup> воды на 1 м высоты вычисляется по формуле:

$$S = \frac{\frac{RN}{10} + b + b_1}{QH} \text{ руб.},$$

где  $N$  — стоимость водоподъемника;

$R$  — норма постоянных расходов (амортизация и др.);

$b$  — расход на отопление, освещение, обслуживание и т. д. в год;

$b_1$  — расход на горючее, масло и пр. в рублях;

$Q$  — объем поднятой воды в кубических метрах;

$H$  — полная высота подъема воды в метрах.

В целях быстрого и удобного подбора водоподъемников, применяемых в с.-х. водоснабжении, в зависимости от вида водоисточника, высоты подъема и количества поднимаемой воды ВНИИГиМ разработана нижеследующая таблица (см. табл. на стр. 653—658).

## ГЛАВА VI

## КАПТАЖ КЛЮЧЕЙ

### § 17. Каптаж восходящих ключей

Ключами, родниками называются выходы подземных вод на дневную поверхность. Ключи могут выходить: 1) из сплошного слоя водоносной породы — слоевые ключи, 2) из жил или трещин — жилные ключи. Ключи, выходящие со склонов гор или возвышенностей и получающие питание сверху (из грунтовых вод), называются нисходящими, а ключи равнинные, получающие питание снизу (из напорных вод), называются восходящими ключами. Совокупность сооружений, служащих для сбора, хранения и водоразбора ключевых вод, называется каптажными сооружениями. В состав каптажных сооружений могут входить сооружения для собирания ключевых вод, сооружения для отстаивания и хранения воды и приспособления для водоразбора.

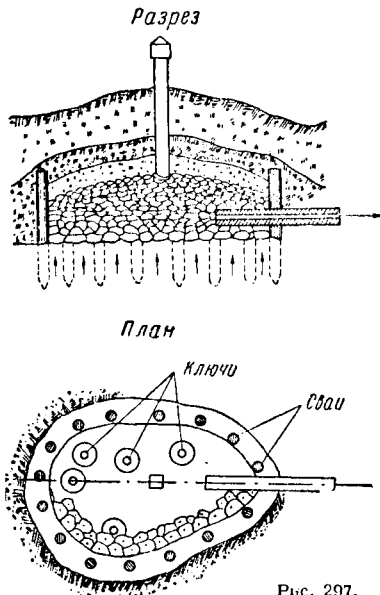


Рис. 297.

Конструкция каптажных сооружений зависит от типа ключа.

1) *Каптаж восходящего ключа с забивкой свай* (рис. 297). Он делается в том случае, если вокруг места выхода ключа можно

Таблица для выбора водоподъемников, применяемых в с.-х. водоснабжении в зависимости от вида водисточника, высоты подъема и количества поднимаемой воды

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная высота подъема воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

К о л о д ц ы ш а х т н ы е

I	Глубина до динамического уровня воды от поверхности земли меньше 6 м	До 6 м	<ol style="list-style-type: none"> <li>Колонковый поршневой всасывающий насос простого действия</li> <li>Деревянный поршневой насос со двоянным цилиндром</li> <li>Ячеисто-ленточный ручной водоподъемник</li> <li>Спирально-цепной водоподъемник «Шен-Элис»</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Ручной подъем</li> <li>Конный привод</li> <li>Ветродви-гатель ТВ-5</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Одноко-лесный центро-бежный насос с го-ризон-тальным валом</li> <li>Поршне-вой насос двойного действия</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Конный привод</li> <li>От элек-тродвигателя</li> <li>От бензи-нового двигателя</li> <li>Ветродви-гатель ТВ-8</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Одноко-лесный центро-бежный насос с го-ризон-тальным валом</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>От элек-тродвигателя</li> <li>От двига-теля вну-треннего сгорания</li> </ol>	Деревян-ный насос не реко-мендуется устанавли-вать в областях с сухим климатом, так как дерево под дей-ствием жары и су-хости рас-трески-вается
---	--	--------	---	--	--	--	--	---	---

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная высота подъема воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
II	Глубина динамического уровня воды от поверхности земли до 15 м	6—15	1. Поршневой всасывающий магнетальный насос 2. Приводной ленточный 3. Спирально-цепной водоподъемник «Шен-Элис» 4. Деревянный сдвоенный насос 5. Подвесной одноколесный центробежный насос	1. Конный привод 2. От бензинового двигателя 3. От электромотора 4. Ветро-двигатель	1. Подвесной одноколесный центробежный насос с горизонтальным валом 2. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко» 3. Поршневой насос двойного действия	1. Конный привод 2. От бензинового двигателя 3. От электромотора 4. Ветро-двигатель ТВ-8	1. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко» 2. Поршневой штанговый насос 3. Подвесной центробежный насос	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания	
III	Глубина до динамического уровня воды от поверхности земли до 30 м	15—30	1. Спирально-цепной водоподъемник «Шен-Элис»	1. Конный привод 2. От бензинового двигателя	1. Поршневой насос двойного действия	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания	1. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания	

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная высота подъема воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
III	Глубина до динамического уровня воды от поверхности земли до 30 м		2. Ячеисто-ленточный приводной водоподъемник 3. Поршневой всасывающий и нагнетательный насос двойного действия 4. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	3. От электромотора 4. Ветро-двигатель ТВ-5	2. Многоколесный центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	3. Ветро-двигатель ТВ-8	2. Подвесной центробежный насос 3. Поршневой штанговый насос		
IV	Глубина до динамического уровня воды от поверхности земли до 50 м	30—50	1. Поршневой насос простого и двойного действия	1. От бензинового двигателя	1. Поршневой насос двойного действия	1. От электромотора	1. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания	

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная высота подъема воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IV	Глубина до динамического уровня воды от поверхности земли до 50 м		2. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	2. От электромотора 3. Ветро-двигатель ТВ-5	2. Многоко-лесный центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	2. От двигателя внутреннего сгорания 3. Ветро-двигатель ТВ-8	2. Подвесной центробежный насос 3. Поршневой штанговый насос		

## К о л о д ц ы т р у б ч а т ы е

V		До 6	1. Колонковый поршневой насос (всасывающий) и насос типа «Нортон» 2. Поршневые насосы типа «Новая Иматра», «Гарда» и др.	1. Ручной подъем 2. Конный привод 3. Ветро-двигатель ТВ-5	1. Одноко-лесный центробежный насос с горизонтальным валом 2. Поршневой насос двойного действия	1. Конный привод 2. От электромотора 3. От бензинового двигателя 4. Ветро-двигатель ТВ-8	1. Центробежный насос с горизонтальным валом 2. Поршневой всасывающий насос	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания	
---	--	------	---	---	--	---	--	---	--

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная выработка воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VI		6—40	3. Крыльчатый насос типа «Альвейер»  1. Артезианские поршневые насосы простого и двойного действия 2. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко» 3. Эрлифт	1. Конный привод 2. От электромотора 3. От бензинового двигателя 4. Ветро-двигатель ТВ-5	1. Глубоководные поршневые штанговые насосы 2. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко» 3. Эрлифт	1. Конный привод 2. От электромотора 3. От бензинового двигателя 4. Ветро-двигатель ТВ-8 5. Двигатели с компрессором	1. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко» 2. Глубоководные поршневые насосы 3. Эрлифт	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания 3. Двигатель с компрессором	
VII	Открытые водоемы: пруды, озера, реки и пр.		1. Центробежный насос с горизонтальным валом	1. Ручной подъем	1. Центробежный насос с горизонтальным валом	1. Ветро-двигатель ТВ-8	Центробежный насос с горизонтальным валом	1. От электромотора	

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная высота подъема воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VIII	Реки, ручьи, родники, где может быть создан подпор воды от 1 м до 50 м и выше		2. Поршневые всасывающие нагнетательные насосы 3. Крыльчатый насос типа «Альвейер» 4. Спирально-цепной водоподъемник «Шен-Элис» 5. Ленточный водоподъемник  Гидравлический таран	2. Конный привод 3. От бензинового двигателя 4. От электромотора 5. Электродвигатель ТВ-5	2. Поршневые всасывающие насосы	2. От электромотора 3. От двигателя внутреннего сгорания 4. Конный привод		2. От двигателя внутреннего сгорания	

Примечание 1. Под полной высотой подъема воды следует понимать суммарную высоту, включающую высоту всасывания, высоту нагнетания и потери напора.

Примечание 2. Если глубина колодца меньше указанной полной высоты подъема, то водоподъем насоса можно производить не только на поверхность земли, но и в напорный бак на остающуюся высоту.

Примечание 3. Высоту подъема воды следует измерять от динамического уровня воды в колодце, т. е. от того пониженного уровня, который устанавливается при самой интенсивной откачке воды во время эксплуатации установки.

забить круглые сваи в расстоянии друг от друга около 0,5 м. После забивки сваи грунт из огороженного сваями пространства выбирается и засыпается крупным бутовым камнем.

Бутовый камень сверху перекрывается пластовым камнем, гравием и песком и засыпается грунтом. Сооружение снабжается вытяжкой и водоотводной трубой.

2. *Каптаж со сплошными шпунтовыми стенками.* В случае жидкого грунта сваи заменяются дощатым шпунтом, или же вокруг выклинивающихся ключей выкладывают стенку из глины толщиной не менее 1 м, или же делают каменную, кирпичную, бетонную или железо-бетонную стенку.

В том случае, если единичные ключи-жилы разбросаны по значительной площади, сбор воды ведут отдельными подводщими галереями (рис. 298).

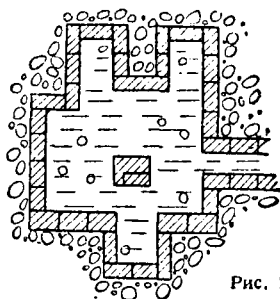
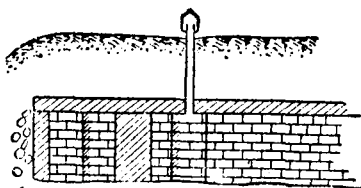


Рис. 298.

## § 18. Каптаж нисходящих ключей

1. *Каптаж ключей с водоносным слоем небольшой мощности, падающим к горизонту под небольшим углом.* Водоносный слой прикрыт слоем непроницаемых пород. Обделка ключей при такой схеме производится при помощи штольни, которую доводят до подстилающей водоупорной породы (рис. 299).

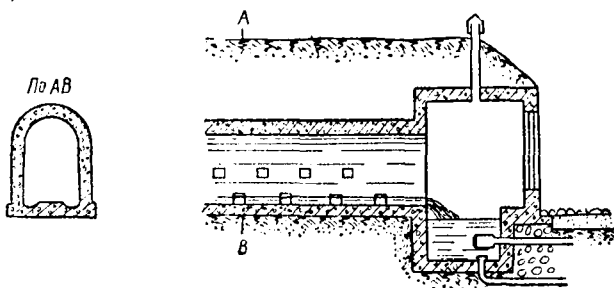


Рис. 299.

Вода поступает через стенки штольни, в которой с этой целью делается ряд отверстий. Штольням придают размеры: по высоте — 1,7 м, а по ширине — 0,7 м.

Вода сбрасывается в сборную камеру посредством желобов. Сборная камера служит одновременно отстойником и сборным резервуаром и имеет три трубы: грязевую, переливную и водоразборную.

В том случае, если водоносный пласт обладает значительной водонос-

ностью и залегает неглубоко под поверхностью земли, штольню заменяют рвом, по дну которого прокладывают дренажные трубы. Вокруг труб делают отсыпку из дренирующего материала на высоту водоносного слоя (рис. 300).

2) *Каптаж ключей с водоносным слоем небольшой мощности, падаю-*

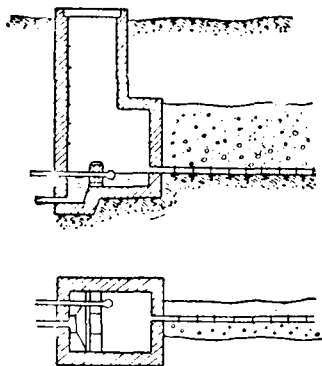


Рис. 300.

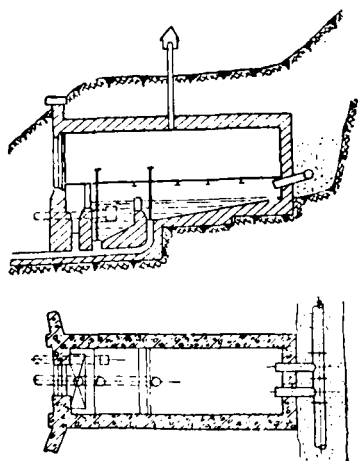


Рис. 301.

*щим к горизонту под небольшим углом и занимающим большую ширину по склону.* Обделка ключей при такой схеме расположения водоносного пласта производится штольней, заложеной перпендикулярно направлению потока, или же рвом, по дну которого заложены дренажные трубы, гончарные канализационные трубы без закрытия стыков или чугунные дырчатые трубы. Трубы обычно обсыпаются дренирующим материалом, с крупными частицами ближе к трубе.

Штольни имеют размеры, соответствующие размерам водоносного слоя, но не меньше 1,7 м по высоте и 0,7 м по ширине. Дренажные рвы имеют отсыпку из дренирующего материала на высоту водоносного слоя (рис. 301).

Камера состоит из двух отстойников, одновременно служащих и сборными резервуарами. Для систематических наблюдений за работой каптажного сооружения по середине камеры имеется наблюдательный мостик (для прохода).

3) *Каптаж ключей с водоносным слоем, расположенным параллельно подошве склона возвышенности* (рис. 302). В таких случаях ось штольни или ось дренажного рва имеет направление, перпендикулярное направлению подземного потока. Штольня имеет такие же размеры, как и в предыдущих случаях. Поступление воды в штольню из водоносного пласта в данном случае будет одностороннее, поэтому отверстиями снабжают только одну стенку штольни, обращенную к водоносному пласту.

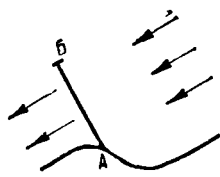


Рис. 302.

По конструкции каптажные сооружения для этого случая не будут ничем отличаться от типов сооружений, указанных на рис. 299—301.

4) *Каптаж ключей, получающих воду из водоносного пласта в виде*

отдельных, преимущественно горизонтальных жил. В таких случаях предварительными исследованиями устанавливают направление этих водоносных жил и подводят к ним штольни, засыпая их дренирующим материалом. Один из таких типов кантажного сооружения показан на рис. 303.

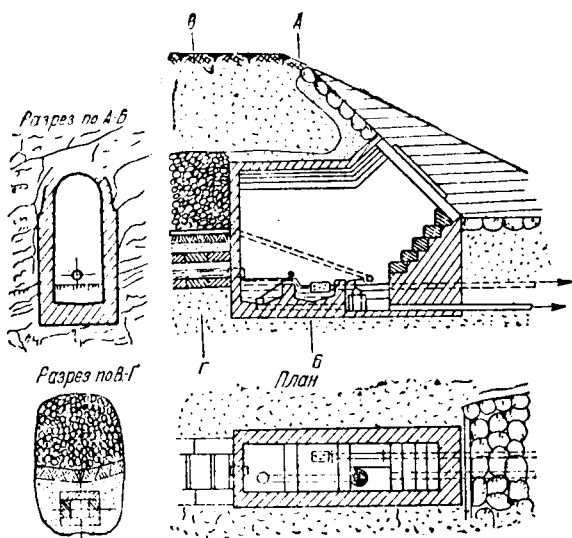


Рис. 303.

Другой тип кантажного сооружения, перехватывающего горизонтально распространенные водоносные жилы, указан на рис. 304. Пространство, на котором расположены жилы, здесь перекрыто и огорожено водоупорной оболочкой из глины или другого непроницаемого материала.

В таком перекрытом пространстве вода собирается дренажными трубами, обсыпанными дренирующим материалом. Собранная вода затем поступает в сборную шахту, дно которой разделено перегородкой на две части; в первом отделении поступаю-

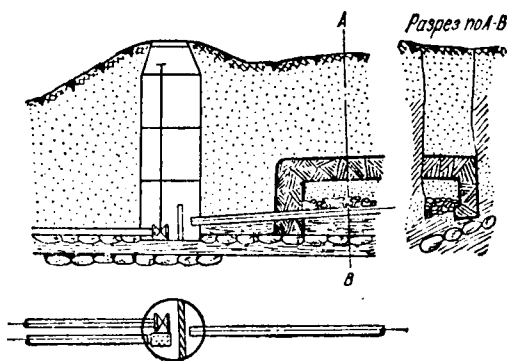


Рис. 304.

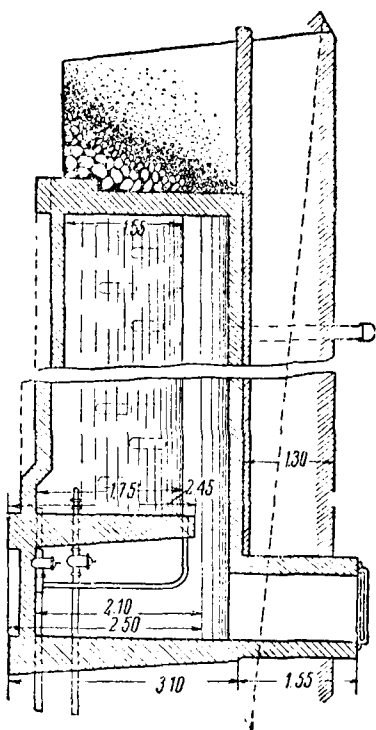
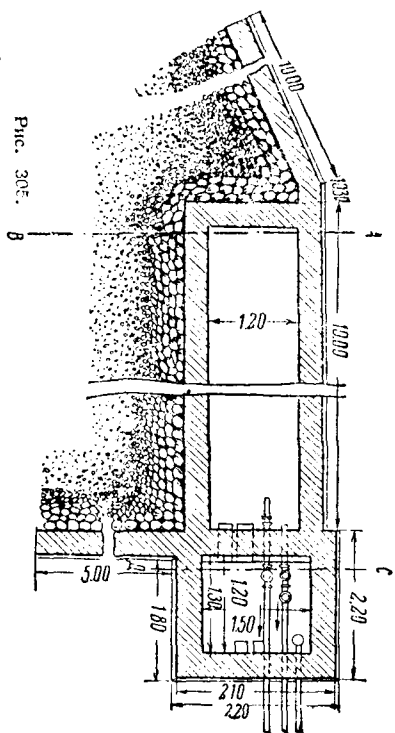
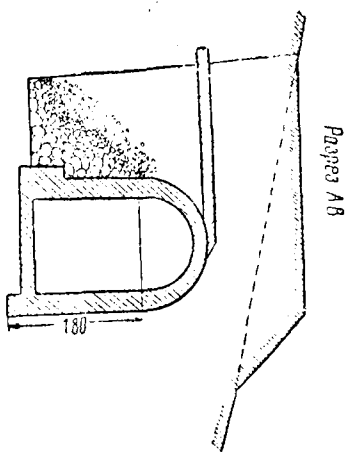
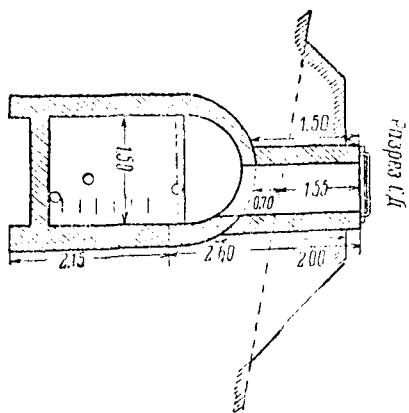


Рис. 30Е.

8

c

ная из труб вода освобождается от взвешенных частиц. Шахта снабжена двумя трубами — сливной и питательной.

При устройстве каптажных сооружений, особенно при каптаже мало мощных ключей имеет большое значение наличие сборных резервуаров. Сборные резервуары могут быть железобетонные, бетонные, каменные, кирпичные и реже деревянные в виде деревянных баков. Один из таких сборных резервуаров показан на рис. 305.

На этом рисунке сборный резервуар одной длинной и одной короткой стороной соприкасается с водоносным пластом. В целях увеличения захвата водоносной породы стенки врезаются в водоносный пласт двумя открьлками, длина которых зависит от топографических и гидрогеологических условий. Из пространства, соприкасающегося со стенками сборного резервуара и открьлками, грунт вывран и заменен дренирующим материалом, крупность которого возрастает от периферии к стенке.

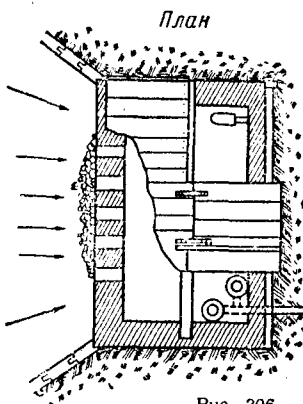
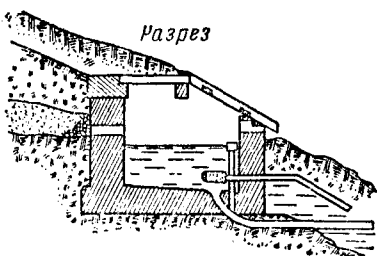


Рис. 306.

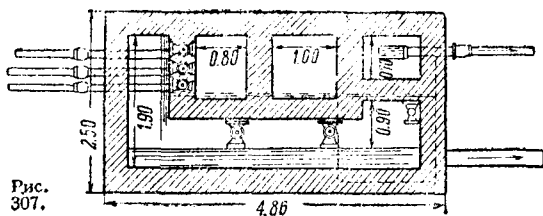
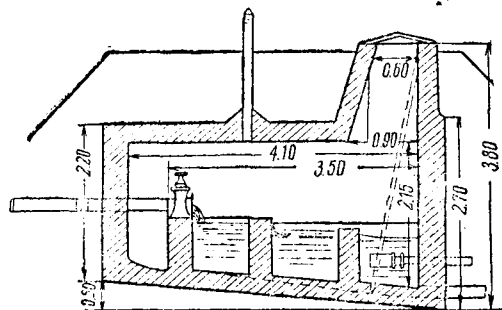


Рис. 307.

Поступление воды в каптажную камеру резервуара идет через щели. Каптажная камера имеет три трубы: питательную, сбросную и грязевую. Управление задвижками производится в особой камере — шахте, имеющей сообщение с поверхностью при помощи лаза. Два других типа каптажных сооружений показаны на рис. 306 и 307; на первом рисунке представлен однокамерный сборный резервуар, а на втором — двухкамерный.

Очень часто сборные резервуары вы-

носят в сторону от каптажного сооружения и делают их более значительного объема.

На рис. 308 показан сборный резервуар в виде круглого деревянного бака емкостью 35 м<sup>3</sup>. Бак помещен внутри сруба, опущенного наполовину в землю и сверху утепленного.

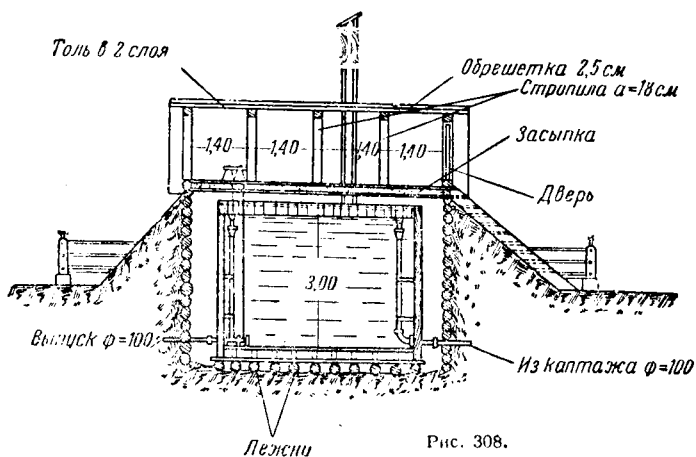


Рис. 308.

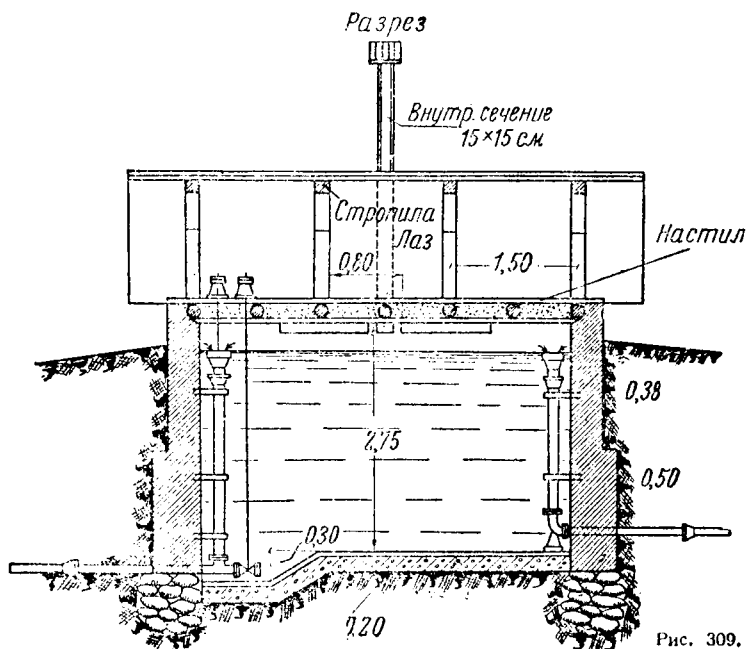


Рис. 309.

На рис. 309 показан каменный или кирпичный резервуар емкостью 38,5 м<sup>3</sup>, помещенный целиком под землю. Внутренние стенки такого резервуара должны быть цементированы и сделаны водонепроницаемыми.  
 На рис. 310 показан железобетонный резервуар емкостью 57 м<sup>3</sup>.

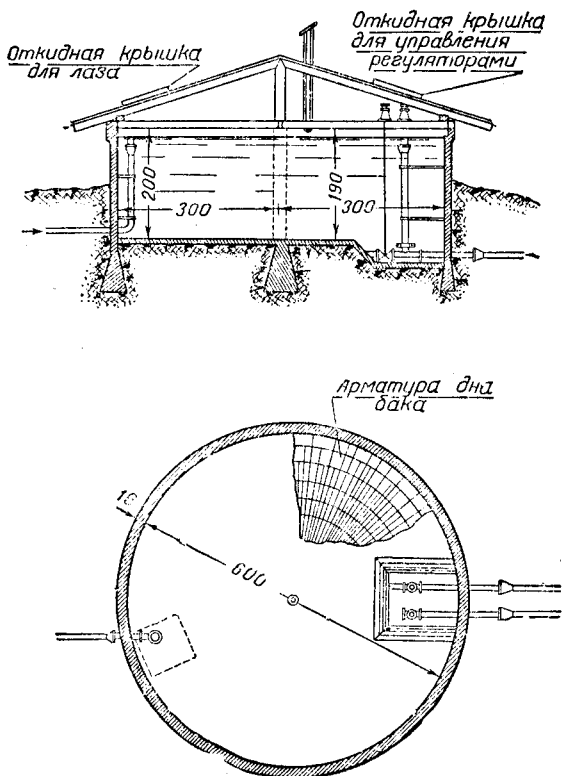


Рис. 310.

При устройстве всяких каптажных сооружений должны быть соблюдены следующие технические и санитарные требования.

- 1) Каптажные сооружения и каптажируемые ключи должны быть предохранены от проникновения поверхностной и почвенной воды.
- 2) Каптажная камера должна быть снабжена хорошей дверью (и крышкой).
- 3) Каптажное сооружение должно быть доступно для осмотра и ремонта.
- 4) Каптажное сооружение должно быть защищено от жары, мороза и загрязнения.
- 5) Каптажное сооружение должно иметь вентиляцию.
- 6) Каптажное сооружение должно иметь приспособления для удаления излишней воды, спуска грязевых вод и наносов и для опораживания.

## ГЛАВА VII

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

#### § 19. Выбор места для плотины и водохранилища

При выборе места для плотины и водохранилища руководствуются следующими условиями.

1. Водоохранилище должно быть обеспечено достаточной и по возможности малорасшихаанной площадью питания, обеспечивающей наполнение пруда.

2. Водоохранилище не должно заливать усадебных мест и ценных угодий, не должно создавать подпора грунтовых вод и заболачивания в прилегающих к пруду угодиях.

3. Плотина, образующая водохранилище, должна иметь минимальную длину и упираться концами в не слишком крутые берега балки или оврага.

4. Место для плотины не должно иметь выходов грунтовых вод.

5. В случае устройства водохранилища для нужд питьевого водоснабжения, водохранилище должно быть расположено выше населенного пункта, а в случае использования для полевого водоснабжения — в центре обслуживаемого участка, но не ниже сооружений и пунктов, загрязняющих пруд.

6. Водоохранилище, в целях наименьшего зарастания, должно иметь крутые берега, но в нескольких пунктах обладать хорошими подъездами для забора воды.

7. Средняя глубина воды в пруду в летний период должна быть не менее 1,5—2 м, а в случае разведения в нем рыбы слой воды зимой под льдом должен быть не менее 0,7 м.

Определение объема воды, стекающей в водохранилище, — см. главу XVIII, «Орошение и обводнение из водохранилищ местного стока», а также том II «Справочника».

#### § 20. Расчет объема водохранилища

Полный объем водохранилища в балках правильного треугольного профиля определяют по формуле:

$$W_{\text{полн}} = \frac{bhl}{6}.$$

Объем водохранилища в балках параболического профиля:

$$W_{\text{полн}} = \frac{2}{9} bhl,$$

где  $b$  — длина плотины поверху (в метрах);

$h$  — глубина воды у плотины (в метрах);

$l$  — длина водохранилища (в метрах).

Более точно объем пруда подсчитывается по площадям поперечных сечений, параллельных друг другу, по формулам:

$$W = \frac{h}{2} (f_1 + f_2),$$

или

$$W = \frac{h}{3} (f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 f_2}),$$

где  $f_1$  и  $f_2$  — площади смежных горизонтальных или вертикальных сечений (в квадратных метрах), а  $h$  — расстояние между ними (в метрах).

Годовой полезный объем водохранилища, потребный хозяйству, определяется из формулы:

$$W_{\text{полезн}} = W_{\text{полн}} - W_{\text{исп}} - W_{\text{фильтр}} - \dot{W}_{\text{лед}} - W_{\text{заилен}} - W_{\text{мерт}}$$

где  $W_{\text{полезн}}$  — полезный объем водохранилища;

$W_{\text{полн}}$  — полный объем водохранилища;

$W_{\text{исп}}$  — объем испаряющейся воды;

$W_{\text{фильтр}}$  — объем воды на фильтрацию;

$W_{\text{лед}}$  — максимальный объем ледяного покрова;

$W_{\text{заилен}}$  — объем заиления;

$W_{\text{мерт}}$  — мертвый неприкосновенный запас воды.

Все величины — в кубических метрах.

Потери воды на испарение, фильтрацию, лед и объем заиления водохранилища вычисляют следующим образом.

Потери воды из водохранилищ на испарение, при отсутствии соответствующих специальных наблюдений на метеорологических станциях, могут быть вычислены ориентировочно по формуле проф. Апполова:

$$h = \frac{(t + 15)^2 + 86}{12},$$

где  $h$  — испарившийся в месяц слой воды в миллиметрах;

$t$  — средняя месячная температура воздуха в градусах Цельсия.

Потери на фильтрацию определяют по формуле Дарси:

$$Q = \omega k i,$$

где  $Q$  — потери на фильтрацию в единицу времени (в кубических метрах);

$\omega$  — площадь, с которой определяются потери в квадратных метрах;

$k$  — коэффициент фильтрации;

$i$  — гидравлический уклон.

Гидравлический уклон при этом определяется по формуле:

$$i = \frac{H + h}{h},$$

где  $H$  — глубина воды в пруде в метрах;

$h$  — расстояние от дна пруда до уровня грунтовых вод в метрах.

Для ориентировочных подсчетов годовых потерь на фильтрацию (в виде слоя воды) принимаются следующие величины:

При водонепроницаемых грунтах и близких грунтовых водах в берегах . . . . .	0,5 м в год
При средних грунтах . . . . .	0,5—1,0 м в год
При проницаемых неводоносных породах . . . . .	1,0—2,0 м в год

Потери воды на образование льда исчисляют объемом образовавшегося льда, используя для этого данные гидрометрических станций или производя непосредственный промер толщины льда в существующих водохранилищах.

Заиление пруда складывается из ежегодных заилений и учитывается по аналогии с заилением других прудов, близких по характеру питающих их водосборных площадей.

Мертвый неприкосновенный запас должен быть равен объему воды, имеющему минимальную среднюю глубину 0,7—1 м для рыбных прудов и 1—2 м для питьевых прудов.

## ГЛАВА VIII ПРОЕКТИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ СБОРА АТМОСФЕРНЫХ ВОД

### § 21. Проектирование цистерн для сбора атмосферных вод

По типу водосбора различают: цистерны полевые, для которых водосбором служат специально устраиваемые водосборные площадки, и цистерны дворовые, поселковые, для которых водосборами служат крыши.

По конструкции и способу очистки воды различают: цистерны с заполнением песком (венецианские цистерны), цистерны с фильтром (американские) и русские цистерны в виде обычных колодцев с непроницаемым дном. Общие условия, которым должны удовлетворять цистерны:

а) цистерна должна быть расположена на достаточном расстоянии от загрязненных мест;

б) грунтовые воды должны быть ниже дна цистерны;

в) цистерна должна быть оборудована водоподъемом, гарантирующим воду от загрязнения;

г) при устройстве венецианских цистерн полезный объем составляет не более 25% от всего объема песка;

д) цистерна должна быть обеспечена грязевой и сливной трубой;

е) в американской и русской цистернах над слоем воды в цистерне должен быть слой воздуха не менее 1 м;

ж) цистерна должна быть защищена от прогрева, замерзания, пыли и света. \*

Тип полевой цистерны представлен на рис. 311.

**Расчет цистерн.** Необходимая площадь водосбора определяется по формуле:

$$\omega = \frac{Q}{a \cdot m \cdot H},$$

где  $Q$  — потребное количество воды в кубических метрах в год;

$a$  — коэффициент стока; с крыш — 0,85, с искусственных водосборных площадок — 0,70 и при задерживаемой поверхности — 0,60;

$m$  — коэффициент надежности осадков, равный частному от деления среднего количества осадков на максимальное их количество за год;

$H$  — среднее количество годовых осадков в метрах.

Объем цистерны зависит от количества потребляемой воды и режима выпадения атмосферных осадков; он определяется путем балансирования поступления и расходования воды по отдельным периодам года или построением графика поступления и расходования воды.

Объем копани в полевых цистернах, или регулирующего бассейна при дворовых цистернах, определяется по формуле:

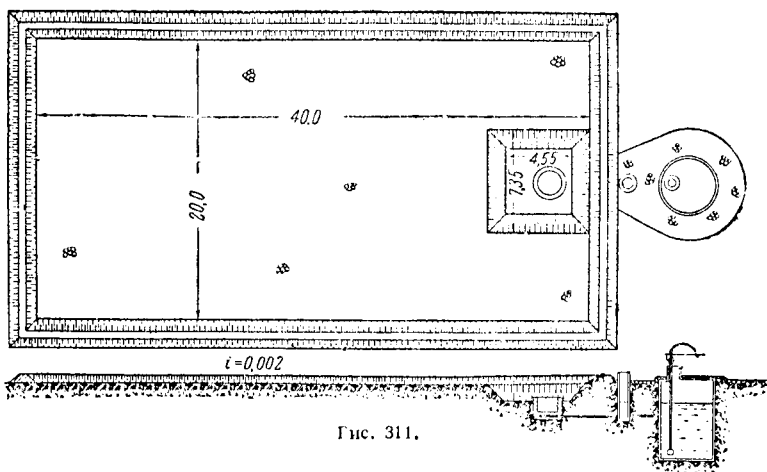
$$W = h \cdot a \cdot \omega,$$

где  $h$  — суточный максимум осадков в метрах;

$a$  — коэффициент поверхностного стока;

$\omega$  — размер водосборной площади в квадратных метрах.

\* Типы дворовых цистерн описаны в книге Калабугина «Основы с.-х. обводнения и водоснабжения», Сельхозгиз, 1933 г.



Гис. 311.

## § 22. Проектирование снежников

Объем снежника  $W$  — определяется по формуле:

$$W = \alpha \beta Q,$$

где  $Q$  — требуемое количество воды, которое желают получить из снежника в кубических метрах;

$\alpha$  — переходный коэффициент от объема воды к объему снега; для рыхлого снега  $\alpha =$  от 10 до 13, а для утрамбованного — от 2 до 4;

$\beta$  — коэффициент, учитывающий потерю на испарение и фильтрацию. В земляных снежниках  $\beta =$  от 1,1 до 1,5.

Основные условия при устройстве снежников:

- а) обеспечение от загрязнения почвенными и недоброкачественными грунтовыми водами;
- б) обеспечение отвода поверхностных вод;
- в) обеспечение от проникновения воздуха в моменты, когда вода из снежника не разбирается.

## ГЛАВА IX

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОВОДОВ

#### § 23. Классификация и схемы водопроводов

**Классификация.** Все водопроводы по способу подачи в них воды могут быть распределены на две группы: 1) самотечные и 2) напорные.

К группе самотечных водопроводов относятся водопроводы, питающиеся из источников, расположенных выше населенного пункта. Вода, стекая самотеком по трубам или каналам, направляется в резервуары населенных пунктов, а затем в распределительную сеть или же распределяется непосредственно по распределительной сети.

Эксплуатация такого водопровода, не вызывая затрат энергии на подъем и передвижение воды по трубопроводам, требует только надзора за регулированием движения воды и состоянием водопроводных сооружений и поэтому обходится сравнительно недорого.

К группе напорных водопроводов относятся водопроводы, воду для которых приходится брать из источников водоснабжения, расположенных ниже населенного пункта.

Эксплуатация таких водопроводов по сравнению с самотечными стоит гораздо дороже.

Самотечные водопроводы при полной схеме состоят из следующих сооружений: водозахватное сооружение с резервуаром или без резервуара с приспособлением для освобождения воды от взвешенных частиц, водовод, уравнительный резервуар, магистраль, распределительная сеть, водоразборные сооружения и приборы.

Напорные водопроводы при полной схеме состоят из водозахватных сооружений, насосной станции первого подъема, водовода первого подъема, очистных сооружений, резервуара чистой воды, насосной станции второго подъема, водовода от станции второго подъема до водонапорной башни или резервуара магистрали, распределительной сети и водоразборных сооружений.

### Схемы водопроводов

**1. Самотечные водопроводы.** Самотечные водопроводы могут питаться искусственно выведенными на поверхность земли подземными водами или естественными ключами. Они должны быть расположены выше населенного пункта настолько, чтобы это превышение было не менее суммы всех потерь в трубопроводе плюс потребный свободный напор для самой неблагоприятной точки.

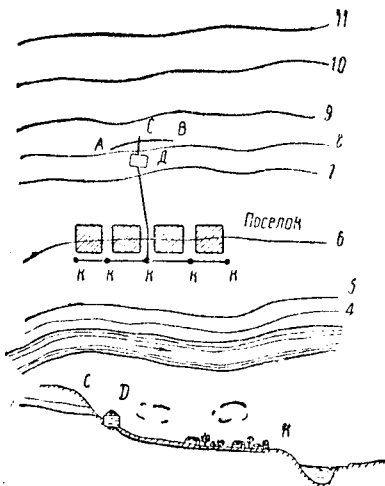


Рис. 312. Схема самотечного водопровода: АСВ — водосборные галереи, Д — резервуар, К — водоразборные колонки.

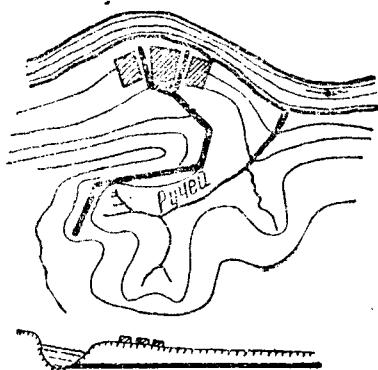


Рис. 313. Схема самотечного водопровода из каптированных ключей.

Простейшая схема самотечного водопровода из водосборной галереи представлена на рис. 312; кроме каптажных сооружений, здесь показаны резервуар, распределительная сеть и водоразборные сооружения.

Схема самотечного водопровода из каптированных ключей, находящегося выше населенного пункта, показана на рис. 313. По такой же схеме может быть выполнен самотечный водопровод из горной реки, имеющей большое падение. Водозаборное сооружение располагают выше

населенного пункта с учетом потерь в трубопроводе и необходимого свободного напора.

Схема самотечного водопровода из водохранилища или из естественного водоема, расположенного выше населенного пункта, указана на рис. 314.

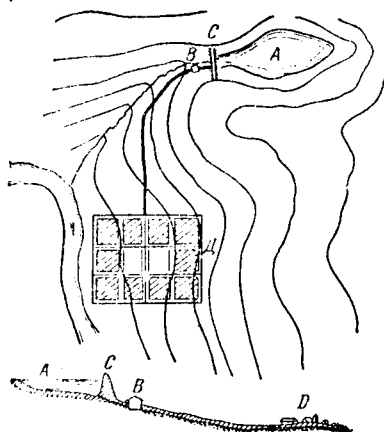


Рис. 314. Схема самотечного водопровода из водохранилища: А — пруд, С — плотина, В — отстойник, ВД — трубопровод, Д — поселок.

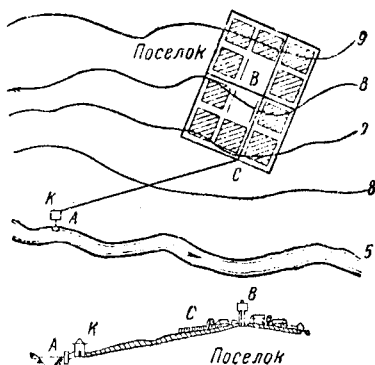


Рис. 315. Схема напорного водопровода из реки: А — водоприемник, К — насосная станция, В — водонапорная башня, КСВ — трубопровод.

## 2. Напорные водопроводы. Все источники с водой, пригодной для с.-х. водоснабжения, могут быть

использованы при помощи напорных водопроводов.

Простейшая схема напорного водопровода из реки показана на рис. 315. По такой же схеме может быть выполнен водопровод из озера или водохранилища, расположенного ниже населенного пункта.

Простейший напорный водопровод из каптированных ключей, находящихся ниже населенного пункта, может быть выполнен по схеме рис. 316.

Схема напорного водопровода из артезианской скважины указана на рис. 317.

Схема напорного водопровода, получающего питание из фильтрационных речных вод, указана на рис. 318.

По этой схеме водозаборные сооружения отнесены от реки для того, чтобы избежать очистки и не строить насосной станции у реки на искусственной насыпи (река весной широко заливаает пойму и имеет значительный подъем).

Схема таранного водопровода, получающего воду из водохранилища, указана на рис. 319. По этой схеме таран от водохранилища должен быть расположен не ближе 7 и не дальше 100 м. Водоохра-

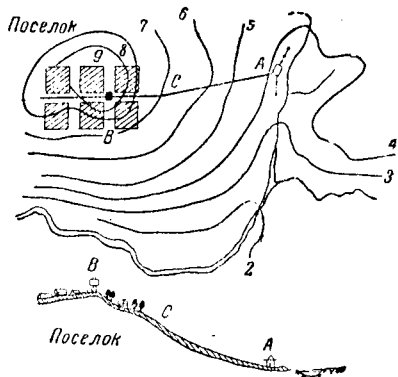


Рис. 316. Схема напорного водопровода из каптированных ключей: А — водо-подъемная станция, В — водонапорная башня, АСВ — трубопровод.

пильнице должно получать достаточное количество воды (с учетом коэффициента полезного действия тарана). Водопровод должен иметь водонапорную башню или водонапорный резервуар.

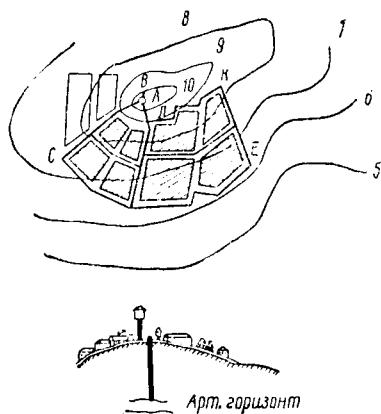


Рис. 317. Схема напорного водопровода из артезианской скважины: А — артезианская скважина, В — водонапорная башня, СВКЕ — трубопровод.

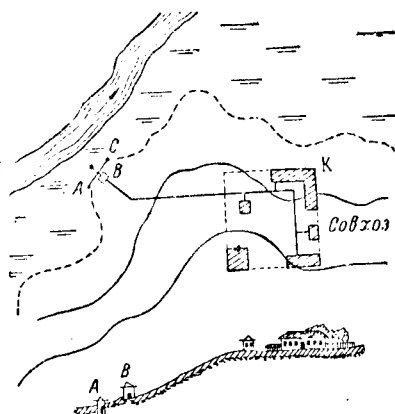


Рис. 318. Схема напорного водопровода из фильтрационных речных вод: АС — сборная галерея, В — машинное здание, ВК — трубопровод.

Схема таранного водопровода на рис. 320, в отличие от предыдущей схемы, предусматривает между водосомом и таранной установкой промежуточный резервуар, находящийся от тарана на расстоянии 7—100 м.

Водонапорная башня (или водонапорный резервуар) заменена водонапорным баком в чердачном помещении высокого здания.

**3. Малонапорные водопроводы.** В условиях с.-х. водоснабжения иногда целесообразно устройство малонапорных водопроводов, что дает возможность избежать устройства дорогостоящей водонапорной башни. Схема таких водопроводов указана на рис. 321 и 322.

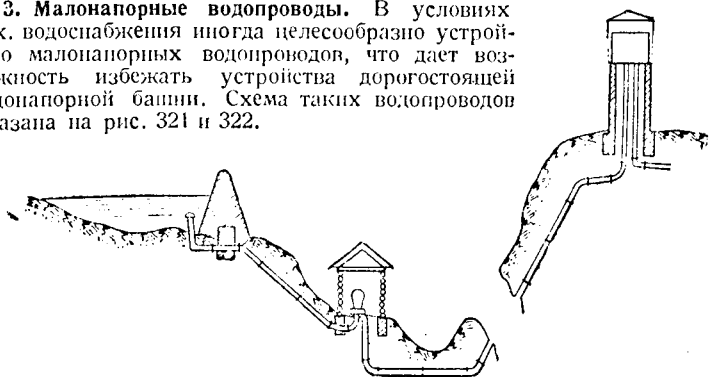


Рис. 319.

На рис. 321 показана схема малонапорного водопровода, получающего воду, например, из хорошего грунтового колодца или группы грунтовых колодцев. Водонапорный бак расположен на возвышенном месте; состоит из деревянного чана, помещенного в утепленном помещении. Водо-

разбор производится через водоразборные утепленные бассейны.

На рис. 322 указана схема малонапорного водопровода, получающего воду из источника при помощи насосной станции.

Напорный бассейн, расположенный на возвышенной точке населенного пункта, и сеть водоразборных приспособлений состоят из подземных резервуаров, хорошо изолированных от поступления поверхностных и грунтовых вод.



Рис. 320.

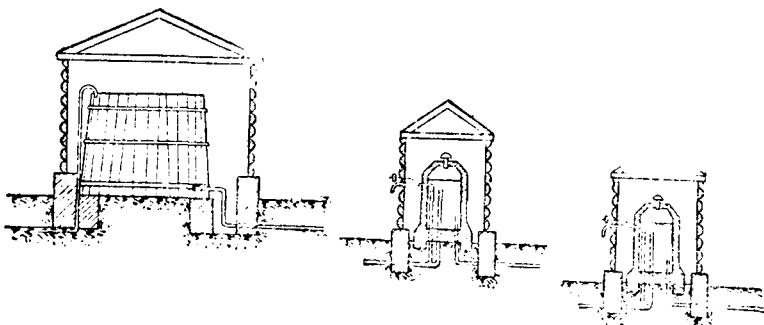


Рис. 321.

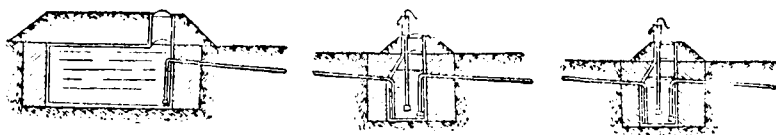


Рис. 322.

Наполнение водоразборных резервуаров обеспечивается за счет разности уровней, достаточной для работы сифонного соединяющего трубопровода. Непосредственный водоразбор производится с помощью всасывающего насоса.

## § 24. Водозаборные сооружения

Типы водозаборных сооружений выбираются в зависимости от рода источника, а при открытых источниках, т. е. реках и озерах и т. п., — в зависимости от поперечного сечения русла и берегов реки или озера, а также от характера колебания в них уровня воды.

### 1. Водозаборные сооружения на реках, озерах и т. п.

1. Простейшим сооружением для забора воды из реки или озера является трубопровод, опущенный на свайном ростверке на глубину ниже кромки льда реки или озера и выше дна не менее 0,25—0,5 м.

Конец трубы снабжен наконечником, препятствующим проникновению крупных взвешенных частиц. Применяется на реках с неустойчивым руслом.

2. При реках с устойчивым руслом трубопровод прокладывается по дну реки (рис. 323).



Рис. 323.

Наконечник состоит из дырчатого или сетчатого колпака, опущенного под горизонт ниже самой низкой кромки льда и выше дна не менее как на 0,5 м. На сплавных реках наконечник отмечается бакеном или другим опознавательным значком. Установку наконечника на дне водоема целесообразно сделать по типу рис. 324.

3. Очень часто конец трубопровода помещают в железобетонном водоприемнике (рис. 325), отсыпая его

каменной заброской с трех сторон в случае непосредственного примыкания водоприемника к берегу и с четырех сторон — если водоприемник вынесен ближе к стрежню потока. В водоприемниках такой конструкции весьма затруднительна очистка наброски от грязи.

4. В реках с глубоким промерзанием и со значительным расходом под дном русла целесообразно применение водозаборных сооружений по типу рис. 326.

При данном типе водозаборного сооружения целесообразно более значительное его заглубление в дно реки и вынос ближе к середине русла.

5. Водозаборное сооружение на реках и озерах целесообразно делать в виде самотечного трубопровода или галлерей, соединяющей реку с приемным колодцем. Конец галлерей обсыпается каменной наброской (рис. 327), а в случае применения труб они обделываются одним из способов, указанных на рис. 323—326.

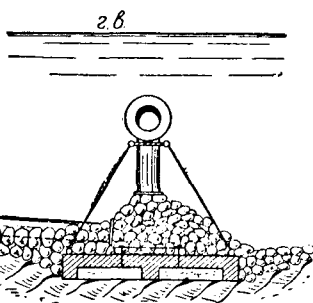


Рис. 324.

Реже водозаборные сооружения для с.-х. водопроводов устраиваются в виде мостовых опор, сопрягаемых с берегом реки обратными крыльями. Вода в такие водоприемники поступает из реки через окна в стенке водозаборного сооружения, соприкасающейся с водой.

Если река имеет большой период ледохода или подвергается засорению вследствие ливневых паводков и затяжных дождей, а также в случае незначительных глубин в период межени, рационально водоприемник располагать не на реке, а в особом бассейне-ковше, соединенном с рекой коротким каналом. Такой ковш может служить и отстойником. Размеры такого ковша зависят главным образом от продолжительности периода ливневых паводков, от величины взвешенных в воде наносов и от величины потребного расхода населенного пункта. Глубина ковшей не должна быть меньше 2 м.

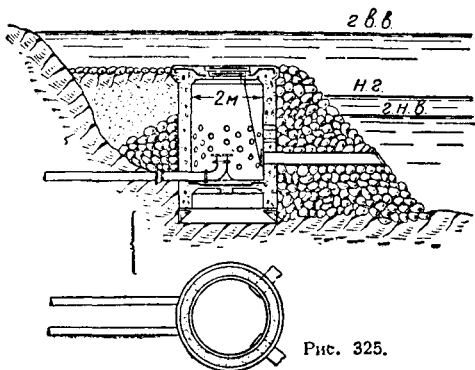


Рис. 325.

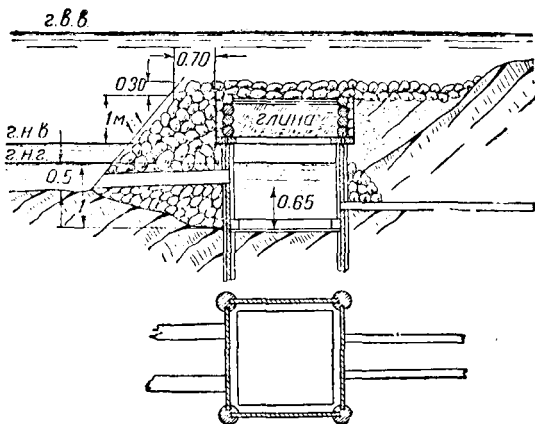
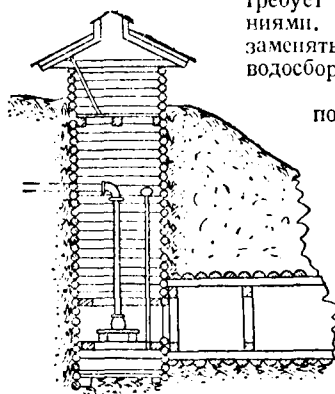


Рис. 326.

Все указанные речные водозаборные сооружения должны быть расположены по течению реки выше населенного пункта и выше мест, загрязняющих воду.

Приемник располагается у берега, не подверженного подмыву и обмелению.

Водозабор воды из озер несколько отличается от речных водозаборов. Водозаборные сооружения, особенно на мелких озерах, необходимо относить далеко от берега и в сторону от населенного пункта. Конец трубы



требует часто отделки дорогостоящими сооружениями. В этом случае такие сооружения лучше заменять фильтрующими колодцами или системой водосборных колодцев.

Водозабор воды из прудов устраивают по типу речных водозаборных сооружений,

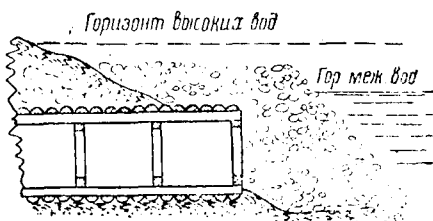


Рис. 327.

располагая их в устойчивых и крутых берегах водохранилища. Можно устраивать водозаборное сооружение и по типу трубчатого водопуска,

## 2. Сооружения для забора воды из ключей

1. Водозаборное устройство при восходящих ключах обычно выполняется в виде каптажного сооружения (см. «Каптажи ключей»), но только при устройстве водопроводов эти сооружения делаются более капитальными и им предшествуют более детальные изыскания.

Каптажное водозаборное сооружение необходимо снабжать при восходящих ключах:

- 1) сливной трубой, обеспечивая недопущение предельного высокого динамического горизонта,
- 2) питательной трубой, обеспечивающей бесперебойную подачу воды без взвешенных наносов,
- 3) грязевой трубой, обеспечивающей периодический спуск осадка и грязевых вод при очистке сооружения,
- 4) задвижками на питательной и грязевой трубах.

Задвижки на этих трубах целесообразно располагать в особой камере, удобной для доступа во время осмотра и ремонта.

Дебит ключей восходящих в каждом отдельном случае определяется соответствующими полевыми исследованиями.

2. Водозаборное устройство при нисходящих ключах обычно выполняется в виде каптажных сооружений, указанных на рис. 299—302.

Дополнительное оборудование, указанное для каптажных устройств, используемых в качестве водозаборных сооружений при восходящих ключах, является необходимым при водозаборах и при каптаже нисходящих ключей.

Дебит ключей нисходящих определяется фактическими замерами расходов из пробных галлерей или по формуле Дарси:

$$Q = k\omega J,$$

где  $\omega$  — живое сечение подземного потока в квадратных метрах;  
 $k$  — коэффициент водопроницаемости в сантиметрах в секунду;  
 $J$  — гидравлический уклон, получаемый на основании плана гидроизогипсе.

Коэффициенты  $k$  по опытам Дарси приблизительно могут быть взяты:

Для мелкого песка при среднем диаметре зерен 0,25 мм . . . . .	0,00025
» среднего » » » » 1 мм . . . . .	0,001
» крупного » » » » 5 » . . . . .	0,005
» хряща » » » » 10 » . . . . .	0,01

Количество воды, которое может быть захвачено из водоносного горизонта водосборным сооружением в виде галлерей, питающейся с одной стороны из песков, может быть определено по следующей формуле:

$$Q = lk \frac{H^2 - h^2}{2R} J$$

где  $l$  — длина галлерей в метрах;  
 $k$  — коэффициент водопроницаемости водоносной породы;  
 $H$  — мощность слоя грунтовой воды в метрах;  
 $h$  — глубина воды в водосборном сооружении в метрах;  
 $R$  — радиус депрессии в метрах (см. раздел IV, т. II «Справочника по мелиорации и гидротехнике»).

В случае устройства глубокого каптажа в виде водосборных галлерей (крязгов) количество воды, даваемое галлерейми, определяют по формуле:

$$Q = \frac{kl(H+h)}{2} J,$$

где  $Q$  — количество даваемой галлерейми воды в кубических метрах;  
 $J$  — средний уклон линии депрессии, равный:

Для наиболее проницаемых грунтов . . . . .	0,003—0,006
» песков . . . . .	0,006—0,020
» супесчаных почв . . . . .	0,020—0,050
» суглинистых грунтов . . . . .	0,05—0,10
» глинистых грунтов . . . . .	0,10—0,15
» более тяжелых глин . . . . .	0,15—0,20

$l$  — длина галлерей в метрах;  
 $H$  — превышение самой высокой точки линии депрессии над дном галлерей в метрах;  
 $h$  — глубина воды в галлерее в метрах;  
 $k$  — коэффициент водопроницаемости.

Длина водоприемной части водосбора в трещиноватой породе определяется по формуле:

$$l = \frac{Q}{q} \eta,$$

где  $l$  — длина водоприемной части водосбора в метрах;  
 $Q$  — потребный максимальный расход в кубических метрах в сутки;  
 $q$  — удельный расход грунтового потока на 1 пог. м галлерей в кубических метрах в сутки;  
 $\eta$  — коэффициент запаса, равный 2—3,

### 3. Водозаборные сооружения в виде шахтных и трубчатых колодцев

Водозаборное сооружение в виде шахтных колодцев мало отличается от обычных колодцев. Разница заключается только в том, что иногда более значительные в плане габариты насосов потребуют большего диаметра шахты.

Количество воды, даваемое полным или совершенным (доведенным до водоупора) колодцем, заложенным в песчаной водоносной породе, определяется по формуле:

$$Q = 1,37k \frac{(H+h)(H-h)}{\lg \frac{R}{r}};$$

- где  $Q$  — расход воды в кубических метрах в сутки;  
 $k$  — коэффициент водопроницаемости водоносной породы в метрах в сутки;  
 $H$  — мощность водоносного слоя в метрах;  
 $h$  — слой воды у внешней стенки колодца, доведенного до водоупорного слоя в метрах;  
 $r$  — радиус колодца в метрах;  
 $R$  — радиус депрессионной воронки в метрах. Для приближительных подсчетов  $R$  для глинистых песков — 100—120 м, для песчаных пород — 200—500 м, для крупнозернистых гравия и гальки — более 500 м.

Количество воды, даваемое несовершенным (не доведенным до водоупора) колодцем при питании через дно, определяется по формуле:

$$q = Q \sqrt{\frac{t+0,5r}{h}} \sqrt[4]{\frac{2h-t}{h}};$$

- где  $q$  — дебит несовершенного колодца в кубических метрах;  
 $Q$  — дебит колодца в кубических метрах, если бы он был углублен до водоупорного слоя;  
 $t$  — мощность слоя воды в несовершенном колодце при понижении уровня при откачке (в метрах);  
 $h$  — расстояние в метрах от уровня воды в колодце до водоупорного слоя, или, иначе, мощность слоя воды в колодце, если бы он был совершенным.

При этом вместо  $H$  берется  $H_a$ , под которым надо разуметь толщину такого активного слоя, который по Паркеру  $= 1,5 (H-h+t)$ , а по Замарину при

$$\begin{array}{ll} H-h=0,2(S+t) & H_a=1,3(H-h+t) \\ H-h=0,3(S+t) & H_a=1,5(H-h+t) \\ H-h=0,5(S+t) & H_a=1,7(H-h+t) \\ H-h=0,8(S+t) & H_a=1,85(H-h+t) \end{array}$$

где  $S$  — понижение уровня в колодце по отношению к уровню до откачки.

Количество воды, даваемое артезианской скважиной, может быть определено по следующей формуле:

$$Q = 2\pi mk \frac{(S+h_w)}{\ln R - \ln r};$$

- где  $k$  — коэффициент водопроницаемости водоносного слоя;  
 $m$  — мощность водоносного слоя в метрах;  
 $S$  — понижение уровня воды в колодце при откачке в метрах;  
 $h_w$  — сопротивление входа воды в колодец (в метрах), нормально не превышающее 0,5 м, но иногда достигающее нескольких метров;  
 $R$  — радиус депрессионной воронки в метрах;  
 $r$  — радиус скважины в метрах.

Водозаборные сооружения в виде трубчатых колодцев по внешнему виду отличаются от обычных трубчатых и артезианских колодцев только более значительным диаметром скважины и более мощным насосом, приводимым в движение механическим двигателем.

При использовании трубчатых и артезианских колодцев в качестве водозаборных сооружений для водопроводов должны быть проведены следующие мероприятия.

а) В местах перехода от обсадных труб большего диаметра к диаметру меньшему кольцевой зазор заделывается цементом, асфальтовым бетоном, свинцовым кольцом.

б) Верхняя пористая часть фильтра должна быть на 0,25—0,5 м ниже потолка водоносного слоя.

в) Верхняя часть трубы скважины должна возвышаться над полом шахты или насосной станции не менее чем на 0,5 м.

г) Шахта должна быть водонепроницаема.

д) Люк шахты должен возвышаться над уровнем земли не менее чем на 0,5 м и иметь плотно закрывающуюся крышку.

Если дебит одного колодца недостаточный, устраивают несколько колодцев, работающих одновременно.

При выборе места для группы колодцев соблюдают следующие условия:

а) колодцы располагают преимущественно параллельно гидроизогипсам;

б) колодцы располагают в местах, где водоносный грунт обладает большой водопроницаемостью и водоотдачей (гидроизогипсы реже и имеют правильную форму);

в) колодцы располагают вне зоны затопления и подтопления;

г) при нес грых по качеству горизонтах производит деталиные изыскания.

Число колодцев  $n$  определяется по формуле:

$$n = \frac{Q}{q} + S,$$

где  $Q$  — необходимая общая производительность сборного колодца в кубических метрах;

$q$  — производительность одного колодца (в кубических метрах);

$S$  — при  $n$  от 2 до 7 берется 1,

»  $n$  от 8 до 13 » 2,

»  $n$  от 13 до 20 » 3.

Расстояние между колодцами иногда принимают

$$l = \text{от } R \text{ до } 2R,$$

где  $R$  — радиус депрессионной воронки колодца.

Общая длина каптажной линии:

$$L = l(n - 1).$$

Конструкция колодцев обычная.

Колодцы соединяются со сборным при помощи самотечно-напорных, сифонных и нагнетательно-напорных трубопроводов. Общая схема самотечно-напорного трубопровода показана на рис. 328,

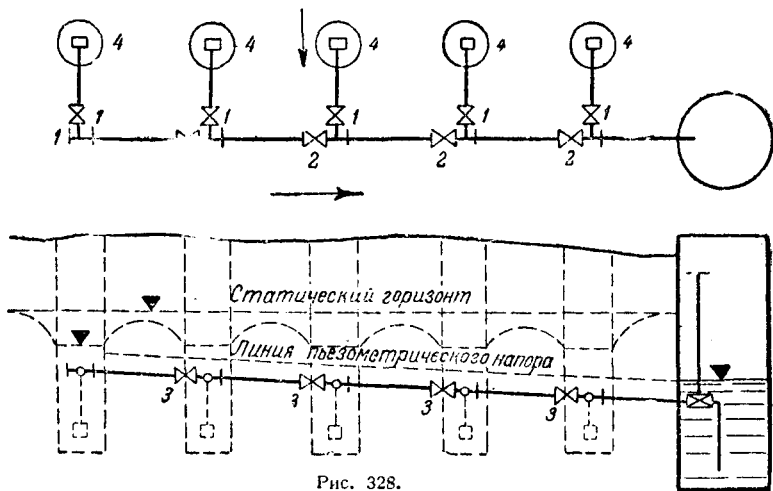


Рис. 328.

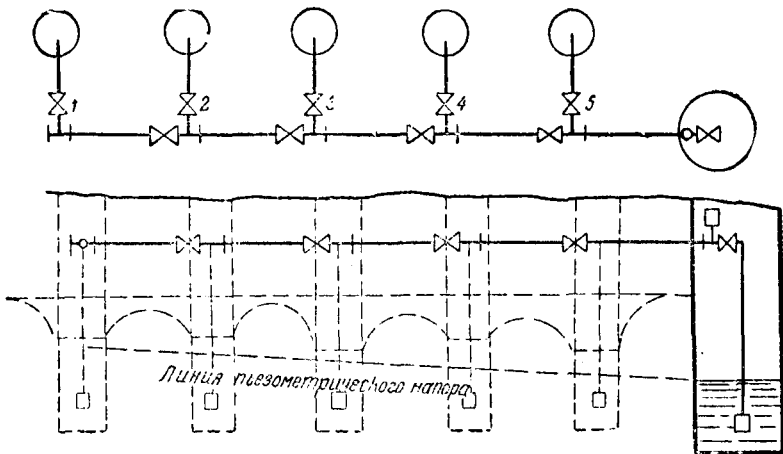


Рис. 329.

Соединительный самотечно-напорный трубопровод закладывается ниже отметок динамического уровня воды в водозаборных колодцах.

Применение самотечно-напорных трубопроводов ограничивается глубиной не свыше 6—7 м. Общая схема сифонного соединительного трубопровода показана на рис. 329.

Соединительный сифонный трубопровод закладывается выше линии гидродинамических уровней.

Превышение самых высоких точек сифонного трубопровода над самым низким динамическим горизонтом воды в колодце должно быть не более практической высоты всасывания.

Для того чтобы сифон работал, отметка уровня воды в сборном колодце  $\beta$  должна быть равна:

$$\beta = A - \Sigma h,$$

где  $\Sigma h$  — общая сумма потерь напора в метрах на всей длине сифона;  
 $A$  — отметка динамического уровня воды в наиболее удаленном от сборного водозаборном колодце.

Практически разность уровней в сборном колодце и в водозаборных при расчете принимается на 30—50% больше суммы всех потерь в сифоне, выраженных высотой столба воды.

Объем сборного колодца определяется (рис. 330) по формуле:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} (S + h) = 60Qt,$$

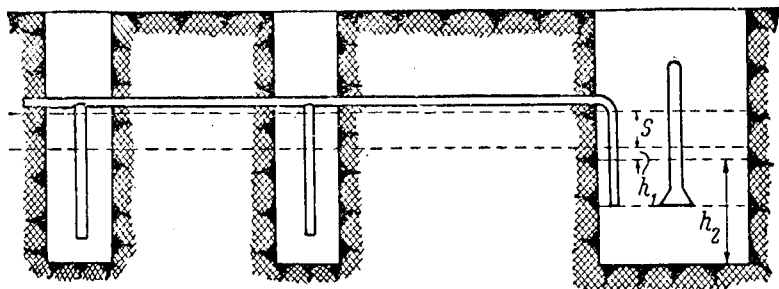


Рис. 330.

где  $h$  — потери напора в метрах, включая и все потери на гидравлические сопротивления;

$S$  — глубина откачки из колодцев в метрах;

$Q$  — количество воды, забираемое из сборного колодца в кубических метрах в секунду;

$t$  — продолжительность откачки (в минутах) из сборного колодца до начала действия сифона (обычно 20 минут);

$D$  — диаметр колодца.

Глубина воды в сборном колодце должна быть не менее 1,5—2 м.

Соединительный напорно-нагнетательный трубопровод устраивается при значительной глубине залегания грунтовых вод. Насосы, в этом случае установленные на каждом отдельном водозаборном колодце, нагнетают воду в общий соединительный трубопровод и далее в сборный резервуар.

## § 25. Водопроводная сеть

### 1. Общие положения

В задачу водопроводной сети входит распределение воды по населенному пункту с таким расчетом, чтобы вода доходила до верхних этажей самых отдаленных и самых высоких точек местности,

От всякой водопроводной сети требуется:

а) подать бесперебойно потребное количество воды в самые удаленные и самые высокие точки населенного пункта для хозяйственно-бытовых и технических надобностей, для чего сеть должна иметь соответствующие достаточные, но и не преувеличенные диаметры труб;

б) подать потребное количество воды на случай пожара во все точки населенного пункта;

в) иметь минимальную утечку.

Все трубы водопроводной сети можно разделить на: 1) магистральные — для подачи большого количества воды в отдельные участки населенных пунктов, и 2) разводящие — для подачи воды к отдельным зданиям.

Магистральные трубы прокладываются или в виде кольца (так называемой кольцевой сети) или в виде отдельных ветвей (так называемой тупиковой сети).

При проектировании водопроводной сети необходимо сделать гидравлический расчет. При гидравлическом расчете приходится определять одну из следующих трех величин:

- 1) расход воды,
- 2) напор в трубопроводе и
- 3) диаметр трубопровода.

Для определения потерь напора существуют следующие формулы:

$$h = \frac{1}{\gamma} l \frac{Q^2}{D^5},$$

$$h = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g},$$

$$h = \frac{l}{R} \cdot \frac{v^2}{c^2},$$

где  $h$  — потеря напора (давления) на определенной длине в метрах;

$l$  — длина участка трубопровода в метрах;

$Q$  — расход воды в куб. метрах в секунду;

$D$  — диаметр трубопровода в метрах;

$v$  — скорость движения воды в метрах;

$R$  — гидравлический радиус = 0,25 м;

$g$  — ускорение силы тяжести в метрах;

$\frac{1}{\gamma}$ ,  $\lambda$  и  $c$  — коэффициенты сопротивления движению воды по трубопроводам.

Для практических целей многие исследователи, определяя из опыта коэффициенты сопротивления, дали различные формулы.

Для расчета труб применяют формулу Вейсбаха:

$$h = \lambda \frac{lv^2}{D2g} \text{ м}^2$$

вычисляя  $\lambda$  по формуле Ланга:

$$\lambda = 0,03 + \frac{0,02}{d},$$

или формулу Куттера:

$$h = 1,49 \left( \frac{2m + \sqrt{D}}{50\sqrt{D}} \right)^2 \frac{Q^2}{D^3}$$

где  $h$ ,  $D$  и  $Q$  имеют вышеуказанное значение;

$m = 0,15$  для новых труб,

$m = 0,25$  для бывших в употреблении,

$m = 0,35$  для старых труб.

Для малых труб (до 150 мм) по этой формуле получаются преувеличенные потери напора.

По формуле Лампе

$$h = 0,0005374 \frac{1}{D^{0,25} v^{0,198}} \cdot \frac{v^5}{D^5} \text{ м}$$

получаются несколько преувеличенные значения потерь напора; по ней произведен гидравлический расчет водопроводных сетей многих советских городов.

В настоящее время большим распространением для расчета чугунных и стальных труб, в предположении, что они работают несколько лет, пользуется формула Маннинга:

$$h = 0,0014825 \frac{Q^2}{D^{5,33}} l \text{ м.}$$

Для упрощения подсчетов по этой формуле можно пользоваться таблицей (см. том II, стр. 306).

Для деревянных труб рекомендуется пользоваться американской формулой Скобея:

$$h = 0,000885 \frac{v^{1,8}}{D^{1,17}} l \text{ м.}$$

Для пожарных рукавов:

$$h = A \frac{Q^2}{D^5} l \text{ м;}$$

где  $h$ ,  $Q$ ,  $D$  и  $C$  имеют прежнее значение;

$A = 34,0$  — для непрорезиненных пеньковых рукавов;

$A = 26,0$  — для прорезиненных рукавов.

## 2. Проектирование водопроводной сети

**Схема сети.** Как правило, при проектировании водопровода следует в большинстве случаев останавливаться на магистрали в виде кольца (кольцевой сети), обеспечивающей всегда бесперебойное снабжение водой отдельных точек населенного пункта. В небольших населенных пунктах обычно закладывается одно кольцо, в более значительных — два и больше колец. От кольцевой сети идут короткие тупиковые ответвления.

Магистральная сеть трубопроводов, если местность ровная, закладывается по возможности в центре населенного пункта; если же местность имеет однообразный скат в одну сторону, то магистральное кольцо занимает более высокое положение. Кроме того, магистраль проводят ближе к пунктам с наибольшим потреблением воды.

В том случае, если территория водоснабжаемого населенного пункта холмистая, прокладку магистральных колец ведут по зонам, что дает возможность держать в сети на территории всего пункта одинаковое давление.

**Определение расчетного расхода.** Для определения потребного расхода воды необходимо знать количество населения, обслуживаемого водопроводом, нормы потребления воды, производственный и пожарный расход воды.

При составлении проектов с.-х. водопроводов в колхозах, совхозах и МТС расчет сети обычно ведут в предположении полного развития с.-х. производства, намеченного оргпланом или перспективным планом развития хозяйства.

Расчетное количество животных берется из оргплана хозяйства.

Во временных расчетных нормах в существующих городах и поселках предусматривались три случая определения расчетного количества жителей.

а) В существующих населенных пунктах, около которых во второй пятилетке не предполагалось развития крупной промышленности, для первой очереди принималось количество населения, равное 1,3 количества, при котором сооружение передается в эксплуатацию, и для второй очереди — 1,7.

б) Во вновь строящихся рабочих городах или поселках при промышленных предприятиях количество населения бралось равным числу рабочих и служащих, занятых в производстве и в обслуживающих предприятиях. Срок действия первой очереди — 5 лет со дня пуска водопровода в эксплуатацию.

Для второй очереди число рабочих и служащих бралось из плана развития промышленного предприятия, а срок действия исчислялся в 5 лет со дня окончания расчетного периода эксплуатации первой очереди. Если плана развития не имелось, то расчетное количество населения принималось равным 1,3 от расчетного числа жителей первой очереди.

в) В существующих населенных пунктах, при которых проектировалось значительное промышленное строительство, расчетное число жителей бралось равным числу рабочих и служащих по планам развития этих предприятий плюс существующее число жителей, умноженное для первой очереди на 1,3 и для второй — на 1,7.

Нормы потребления воды берутся согласно расчетным нормам водопотребления (см. выше стр. 027).

Все с.-х. водопроводы должны быть противопожарными, поэтому их целесообразно рассчитывать на суммарный хозяйственно-бытовой расход и пожарный.

В с.-х. водопроводах свободный напор в сети для всех точек не должен быть ниже 7 м.

### 3. Порядок ведения проверочного гидравлического расчета водопроводной сети

Порядок проверочного расчета таков.

1. Наносят на план водопроводную сеть.

2. Определяют максимальный секундный расход воды для всего населенного пункта по формуле:

$$Q = \frac{(NP + K) \alpha \beta}{86400},$$

где  $Q$  — максимальный секундный расход воды в кубических метрах;

$N$  — число жителей, обслуживаемых водопроводом;

$P$  — суточная норма потребления воды одним жителем в кубических метрах;

$\alpha$  — коэффициент суточной неравномерности расхода;

$\beta$  — коэффициент часовой неравномерности расхода;

$K$  — суммарная потребность производства в кубических метрах.

3. Вычисляют удельные расходы воды  $q_0$  по формуле:

$$q_0 = \frac{Q}{L},$$

где  $Q$  — максимальный секундный расход воды в кубических метрах;  
 $L$  — длина всей водопроводной сети в метрах.

4. Определяют путевые (попутные) расходы по отдельным участкам сети по формуле:

$$q_1 = q_0 l_1;$$

где  $q_0$  — удельный расход в кубических метрах;

$l_1$  — длина участков водопроводной сети в метрах.

5. Определяют по отдельным участкам эквивалентные расходы, равные  $0,55 q_1$ .

6. Задаваясь направлением движения воды, определяют транзитные расходы  $q_{\text{транз}}$  для отдельных участков сети; эти расходы будут состояться из суммы путевых расходов нижележащих участков.

7. Суммируя транзитный расход  $q_{\text{транз}}$  с эквивалентным  $= 0,55 q_1$  для отдельных участков, определяют расчетный расход  $q_{\text{расч}}$ .

8. Задаваясь скоростью в  $0,7$ — $1$  м в секунду, подбирают соответствующий диаметр труб и определяют по таблицам соответствующую этому диаметру труб потерю напора в трубах на единицу длины, потерю напора на всей длине участка кольца и потерю напора на всей ветви кольца.

9. Задаваясь отметкой статического напора, равной отметке дна бака башни или резервуара, определяют отметку гидродинамического уровня для точек на отдельных пограничных участках сети.

10. Вычитая из отметки гидродинамического уровня отметки земной поверхности, определяют свободный напор.

Вычисления расходов при тупиковой сети ведут от самой удаленной точки. При кольцевой сети вычисления ведут от так называемой нулевой точки. Нулевую точку на кольцевой сети выбирают около середины кольца, предпочтительно в точке, имеющей сосредоточенный расход. Точку выбирают с таким расчетом, чтобы вода подходила к этой точке с обеих сторон кольца с одинаковым давлением или по крайней мере невязка в потерях давления в полукольцах не превышала  $0,5$  м. Для того чтобы достигнуть такого равновесия, необходимо или переносить нулевую точку в ту или другую сторону, или же менять диаметры труб.

Вычисление ведут по следующей форме (см. формулу на стр. 686).

Проверочный расчет производят по расходу пожарному плюс максимально-хозяйственно-бытовой и производственный; в этом случае расчетный расход равен:

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{транз}} + 0,55q_{\text{пут}};$$

Схему направления движения воды к месту пожара составляют, исходя из условий кратчайшего направления и, кроме того, по ряду параллельных трубопроводов.

За нулевую точку берут обычно точку пожара, наиболее удаленную от бака или резервуара и самую высокую. Проверочный расчет ведут при скоростях  $1,5$  м —  $2$  м в секунду.

Вычисления ведут по форме вышеуказанной таблицы с добавлением одной вертикальной графы для пожарного расхода.

## § 26. Очистные сооружения

При проектировании с.-х. водоснабжения предусматривается главным образом очистка и обезвреживание питьевых вод и реже вод, идущих для водопоя животных. Очистка и обезвреживание питьевых вод произ-

Примечания	
Свободный напор $H$ в метрах	
$P_1$ Отметка гидрометрического уровня	
$P_0$ Отметка гидрометрического уровня	
Потери напора на всей ветви кольца $h_1 + h_2 + \dots + h_n$	
Потери напора на линии (участке) $h_1$	
Потери напора на единицу длины $h_0$	
Скорость $v$	
Диаметр трубы $d$	
Расходы	Расчетный $q_{расч}$
	Транзитный $q_{транз}$
	Эквивалентный $q_{экв}$
	Путевой $q_{пут}$
	Удельный расход $q_0$
Длина линии	
№ точек	

водятся путем отстаивания, фильтрации и дезинфекции.

Отстаивание от взвешенных частиц с диаметром зерен более (или равных) 0,05 мм производится в осадочных вертикальных или горизонтальных бассейнах, так называемых песколовках. В вертикальных бассейнах движение воды происходит по вертикальной линии или по линии, составляющей с горизонтом угол больше 45°, в горизонтальных движение воды происходит по горизонтальной линии или наклонной к горизонту под углом меньше 45°. Один из типов горизонтальных отстойников указан на рис. 331 и 332. Производительность отстойника зависит от площади отстойника в плане.

Расчетное время отстаивания  $T$  определяется по формуле:

$$T = K \frac{h}{3,6C};$$

где  $K$  — коэффициент полезного использования объема бассейна, равный при выпуске и впуске воды через дырчатые трубы 0,25, через дырчатые трубы и температурные дырчатые перегородки — 0,33 и для более усовершенствованных впусков и выпусков — 0,5. Коэффициент ( $K$ ) полезного использования объема круглого бассейна вертикального типа при отношении  $D$  диаметра к полезной высоте  $h = 2$  принимают равным 0,5;

$h$  — глубина песколовки в метрах;  $h \leq 3,5$  м для горизонтальных каменных отстойников;  $h \geq 3,5$  м для вертикальных железобетонных отстойников.

$C \leq 2,9$  мм в секунду для горизонтальных песколовок и 0,22 мм в секунду для вертикальных песколовок.

Для осаждения частиц с диаметром менее 0,05 мм к отстаивающейся воде прибавляют коагулянт.

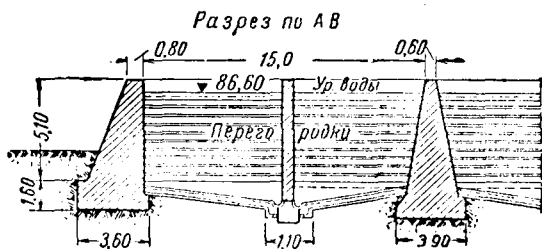
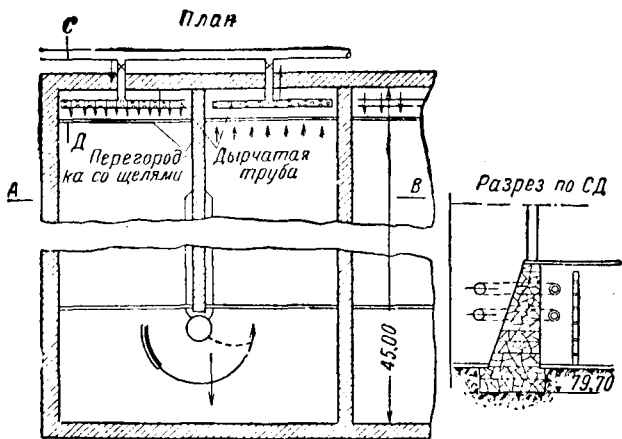


Рис. 331.

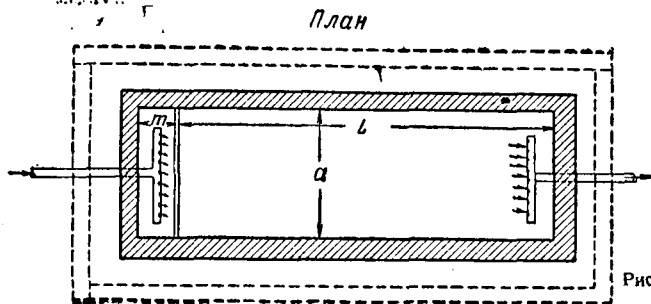
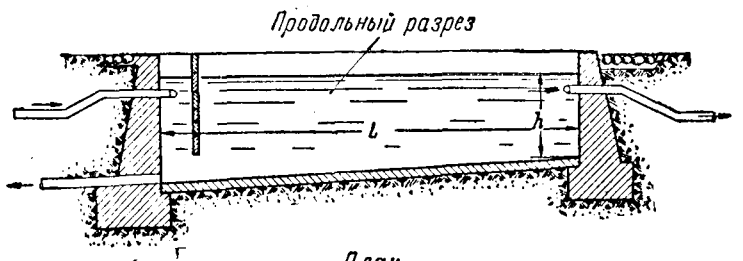


Рис. 332.]

Расчетная скорость движения воды при отстаивании с коагуляцией принимается  $< 5$  мм в секунду.

Время  $T$ , потребное на отстаивание с коагуляцией, при которой достигается осветление воды, вычисляется по формуле:

$$T = K_1 \frac{h}{3,6v_0};$$

где  $h$  — полезная глубина бассейна в метрах;

$K_1$  — коэффициент полезного использования объема отстойника;

$v_0$  — 1 мм в секунду.

При горизонтальных отстойниках  $h$  берется в пределах 3,5—4 м.

В умеренном климате отстойник может быть сделан открытым в виде бассейна с одетыми стенками и дном (рис. 333).

Для быстрого удаления осадков дно прямоугольного отстойника в поперечном разрезе имеет уклон 1:10, а в продольном — не менее 0,02.

Фильтрация производится с помощью медленно действующих английских фильтров или быстродействующих американских фильтров.

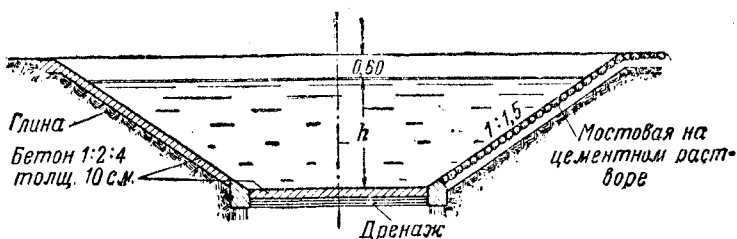


Рис. 333.

Фильтрация воды на английских фильтрах производится при скоростях 0,1—0,2 м в час, а на американских безмешалочных — 4—7 м в час.

По материалам, разработанным ЮжНИИГиМ:

а) для воды с максимальной среднемесячной мутностью в 1 000 частиц\* необходимо обеспечивать скорость фильтрации от 4 до 5 м в час и необходимо построить песколовку, осветлитель с хлопьеобразователем;

б) для воды рек с мутностью до 500 частиц необходимо обеспечить скорость от 5 до 6 м в час и необходимо построить песколовку, хлопьеобразователь и осветлитель;

в) для воды с максимальной среднемесячной мутностью до 100 частиц на миллион необходимо обеспечить скорость фильтрации от 6 до 7 м в час при устройстве хлопьеобразователя и осветлителя.

При исчислении потребного напора потери напора через пленку берут в пределах от 2,5 до 3 м; последние потери слагаются из столба воды над песком от 1,2 до 1,5 м и вакуумного давления под пленкой от 1 до 1,5 м.

Потери напора на фильтре определяются по формуле:

$$h = \frac{vl^*}{cd_e^2} \cdot \frac{33}{t+23} \text{ см,}$$

\* Мутность в 1 000 частиц показывает, что вода содержит 1 000 мг взвешенных частиц на 1 л (1 000 000 мг) воды.

где  $h$  — потери напора в песке в метрах;  
 $v$  — скорость фильтрации в метрах в сутки;  
 $l$  — толщина слоя песка в метрах;  
 $d_e$  — диаметр эффективного зерна по Газену в метрах;  
 $t$  — температура воды в градусах Цельсия;  
 $c$  — коэффициент, равный от 700 до 1 000 для чистого и однородного песка и 400 для старого, слежавшегося.

Регулирование напора воды на фильтрах производится при помощи регулятора Вентури или Вестона.

Мутность воды определяется количеством взвешенных частиц в миллиграммах на 1 л или на 1 000 000 весовых частиц воды.

Умягчение воды в условиях сельскохозяйственного производства производится глауконитовыми умягчителями, при пропускании через них воды со скоростью от 5 до 15 м в час, при толщине фильтруемого слоя от 1 до 2 м.

Величину расхода воды на отмывку (для регенерации) 1 м<sup>3</sup> глауконитовых песков можно принимать в 3 м<sup>3</sup>.

Дезинфекция воды производится в большинстве случаев при помощи хлора; наиболее удобный способ хлорирования — хлорирование газообразным хлором.

Для стерилизации воды берут 0,2—1 мг активного хлора на 1 л воды. Уничтожение запаха и привкуса, вызываемого развитием в водохранилищах мельчайших водорослей, производится путем равномерного введения в воду медного купороса от 0,1 до 1 мг на 1 л.

Следует, однако, иметь в виду, что дозы купороса больше 1,2 мг на 1 л уже усыпляют рыбу: форель — при 1,2, карпа — при 2,8 и щуку — при 3,5 мг на литр.

## § 27. Насосные станции

Типы насосной водопроводной станции определяются характером водоисточника. Различают:

- 1) станции для поверхностных источников с малым колебанием уровня;
- 2) станции для поверхностных источников с большим колебанием уровня;
- 3) станции для грунтовых вод;
- 4) станции для артезианских вод.

**1. Насосные станции для поверхностных источников с малым колебанием воды.** При колебании горизонтов в источнике не более 5 м пол насосной станции располагается выше наивысшего уровня на 1 м.

Одна из таких насосных станций, оборудованная центробежными насосами, приводящимися в движение электромоторами, указана на рисунке 334.

**2. Насосные станции для поверхностных источников с большим колебанием уровня.** При колебании горизонтов воды в источнике в пределах около 10—15 м насосы необходимо размещать в шахте не выше 5 м над наинизшим уровнем воды.

Наиболее распространенная схема в такой установке будет состоять из центробежных насосов с вертикальным валом, или из центробежных насосов с горизонтальным валом, но размещенных в шахте большего диаметра.

Электромоторы, посаженные на общий вал с насосом, размещаются над шахтой (рис. 335), а при насосах с горизонтальным валом — на дне шахты.

В таких установках, кроме центробежных насосов, могут быть применены обычные насосы для глубоких колодцев.

3. Насосные станции для подъема грунтовых вод. При положении динамического уровня грунтовых вод в 5—6 м от поверхности земли

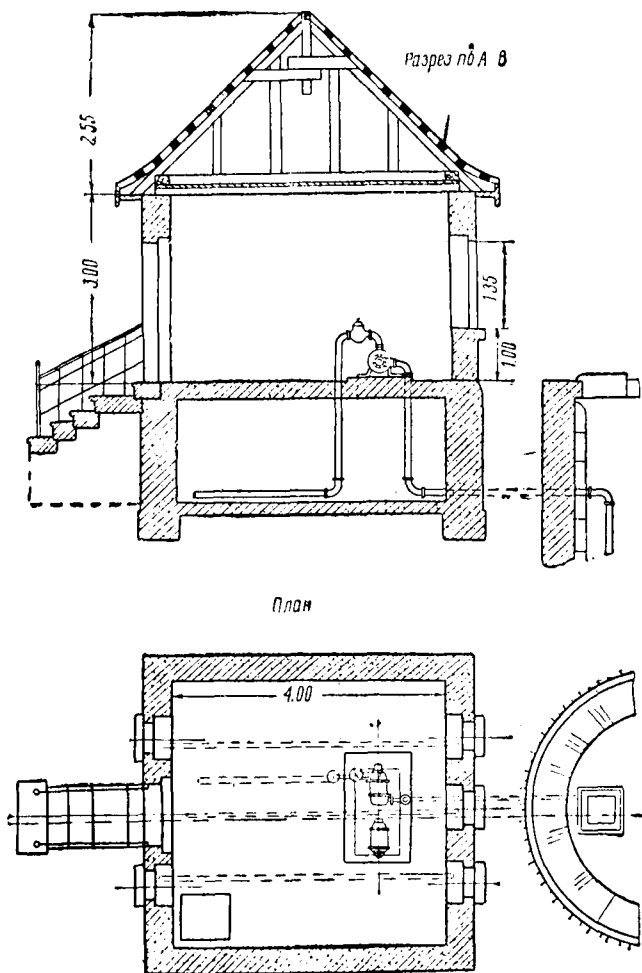


Рис. 334.

насосная станция располагается у колодца, а пол ее — на уровне поверхности земли или несколько ниже. Если дебит колодца недостаточен, насосную станцию располагают у сборного колодца; вода к сборному колодцу, обычно находящемуся на середине линии водосборных колодцев или в центре их, подводится при помощи сифонов (см. ранее, рис. 328 и 329).

Насосная станция в этом случае может быть выполнена по типу насосной станции для поверхностных источников с малым колебанием воды.

Если динамический горизонт находится от поверхности на глубине свыше 6 м, для подъема воды устанавливают центробежные насосы на вертикальном валу, размещая их отдельно в каждом колодце.

Насосные установки для водозабора из таких колодцев могут быть выполнены по типу насосных станций для поверхностных источников с большим колебанием уровня.

**4. Насосные станции для подъема артезианских вод.** При положении динамического уровня на небольшой глубине насосные станции делают по типу насосных станций для подъема грунтовых вод.

При положении динамического уровня на значительной глубине применяются глубоководные штанговые насосы, эрлифты, насосы Фарко и т. п.

Потребная мощность насосной станции определяется по формуле:

$$N = \frac{QH}{75\eta};$$

где  $N$  — мощность в лошадиных силах;

$H$  — полная высота подъема в метрах;

$Q$  — объем воды, подаваемый насосом в одну секунду, в литрах;

$\eta$  — общий коэффициент полезного действия всей установки.

Эксплуатационные расходы на 1 л. с. в час вычисляются по формуле:

$$l = KQ,$$

где  $K$  — стоимость топлива за килограмм,

$Q$  — расход топлива на 1 л. с. в килограммах.

Прочий эксплуатационный расход на всю насосную установку:

$$\xi = bNe,$$

где  $b$  — число эксплуатационных часов в год;

$N$  — мощность насосной установки в л. с.;

$e$  — эксплуатационный расход в рублях на 1 л. с. в час.

## § 28. Водонапорные башни и резервуары

Баки на водонапорных башнях и резервуары устраиваются в целях создания соответствующего напора в сети, для хранения запасов воды на случай аварий, пожара и для уравнивания подачи воды в часы наибольшего разбора.

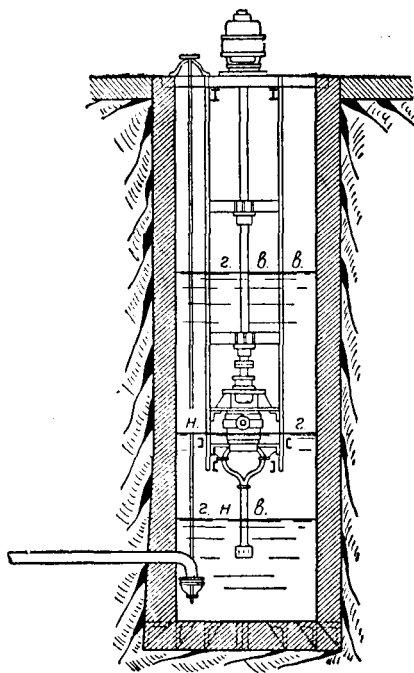


Рис. 335.

В практике сельскохозяйственного водоснабжения применяют главным образом кирпичные, деревянные и реже бетонные и железобетонные башни.

Расчет водонапорных башен производится на устойчивость, на опрокидывание и скольжение, прочность кладки стен и фундамента, давления на грунт и глубину заложения фундамента.

Устойчивость башни на опрокидывание в каком-либо сечении определяется по формуле:

$$K = \frac{Rr}{Wv};$$

где  $R$  — равнодействующая вертикальных сил (в килограммах) для рассматриваемого сечения при отсутствии воды в баке, снега на крыше и т. п.;

$r$  — плечо равнодействующей  $R$  относительно наружного ребра сечения (в метрах);

$W$  — равнодействующая давления от ветра на часть башни, лежащую выше рассматриваемого сечения (в килограммах);

$v$  — плечо равнодействующей  $W$  (в метрах).

Устойчивость башни на скольжение в какой-либо плоскости определяется по формуле:

$$K = \frac{Rf}{W};$$

где  $R$  и  $W$  имеют прежнее значение, а  $f$  — коэффициент трения материала башни о тот же материал.

Прочность стен и фундамента башни проверяется по отдельным сечениям на сжатие и растяжение по формуле:

$$\max n = \frac{\Sigma P}{\Omega} - \frac{Mz}{J},$$

$$\min n = \frac{\Sigma P}{\Omega} + \frac{Mz}{J},$$

где  $\Sigma P$  — наибольшая равнодействующая сил, действующих в данном сечении (в килограммах);

$M$  — момент от внецентренности приложения равнодействующей (в килограммометрах);

$\Omega$  — площадь сечения стен башни за вычетом проемов (в метрах);

$\frac{J}{z}$  — момент сопротивления стены башни.

Тип кирпичной башни с деревянным шатром представлен на рис. 336, а деревянной башни — на рис. 337.

Условия, которым должны удовлетворять водонапорные башни, таковы.

1. При капитальном строительстве башня должна быть из негорючих материалов,

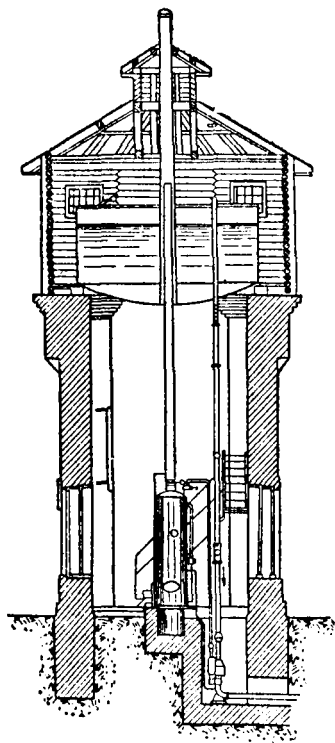


Рис. 336.

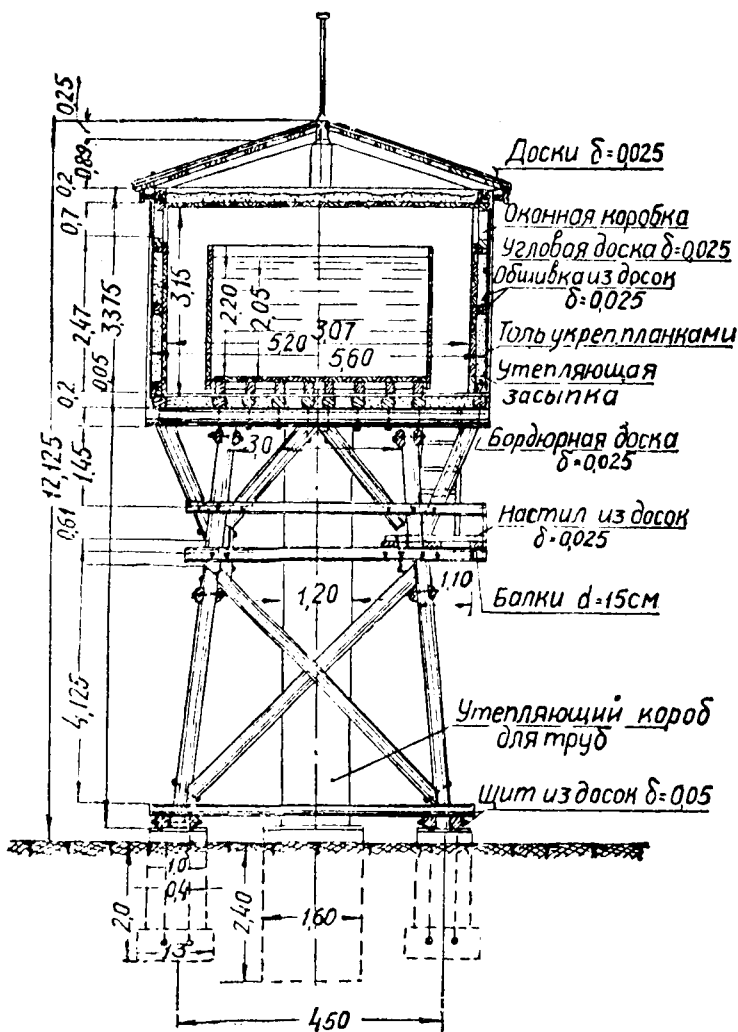


Рис. 337.

2. Между стенками башни и резервуаром должен быть проход не менее 0,85—1 м.

3. Башня должна быть снабжена лестницами и перекрытиями, допускающими осмотр и удобное управление задвижками.

4. Над баком башни должен быть запас высоты стен, обеспечивающий осмотр и доступ.

5. Конструкция стен башни и верхнего строения должна предохранять воду от чрезмерного охлаждения и прогрева.

6. Каждая башня, если она не является контррезервуаром, должна быть оборудована подающим из водовода стояком и стояком магистрали, переливной или контрольной трубой и сливной или грязевой трубой (при контррезервуаре стояк один).

В том случае, если на территории населенного пункта имеется достаточной высоты возвышенность, бак с водонапорной башней может быть заменен водонапорным резервуаром.

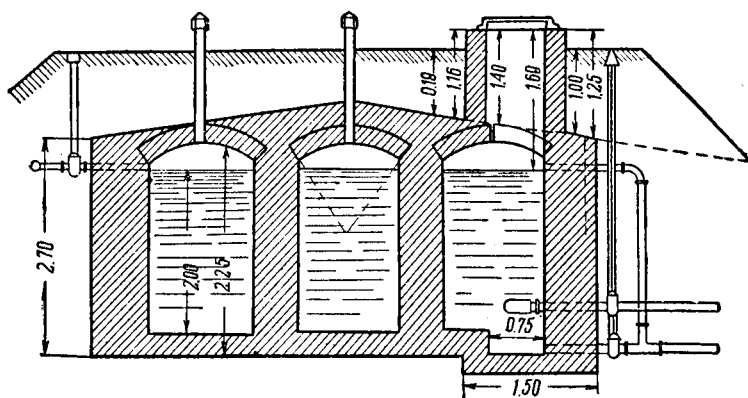


Рис. 338.

Резервуары строятся каменные или железобетонные и реже кирпичные. Бетон для подушек берется 1:5:10—1:4:8; для частей, соприкасающихся с водой, — 1:2:3 и для прочих частей—1:2:4.

С наружной стороны резервуар штукатурится цементным раствором 1:2 слоем в 5—8 мм, а с внутренней стороны — раствором 1:1 с железением, слоем 10—20 мм.

Сверху резервуары обсыпаются землей на высоту большую, чем глубина промерзания. Резервуары снабжаются лазами, вентиляцией и трубопроводами: подающим, разводящим, переливным и грязевым. Пол резервуара должен иметь скат в  $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{50}$  для удобства выпуска осевших примесей.

Один из типов такого подземного резервуара представлен на рис. 338.

Объем бака водонапорных башен и резервуара зависит от продолжительности работы насосной станции, числа насосов и потребления воды в отдельные часы суток.

Для вычисления точного объема прибегают к построению графика водопотребления подачи воды.

Обычно объем бака составляет 15—33% от суточного расхода. Бак в условиях с.-х. водоснабжения должен хранить запас воды, достаточный для пожарного расхода на период времени, потребный для пуска

насосной станции, плюс запас воды на неотложные производственные нужды.

Наиболее простой формой бака водонапорной башни является цилиндрический бак с плоским дном, но большим распространением пользуется и цилиндрический бак с выпуклым дном.

Объем бака с выпуклым дном определяется по формуле:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h + \pi f \left( R - \frac{1}{3} f \right);$$

где  $D$  — диаметр цилиндрической части бака в метрах;

$R$  — радиус кривизны дна в метрах;

$f$  — стрела дна в метрах;

$h$  — высота слоя воды в цилиндрической части бака,

Радиус кривизны дна определяют по формуле:

$$R = \frac{4f^2 + D^2}{8};$$

Высоту  $H$  цилиндрической части бака определяют из формулы:

$$H = h + (\text{от } 0,15 \text{ до } 0,2) \text{ м,}$$

$$H = 0,6D$$

$$\frac{R}{D} = 0,7 - 1.$$

Толщина цилиндрической стенки бака  $\delta$  в каком-либо сечении на глубине  $h$  от уровня воды определяется по формуле:

$$\delta = \delta_0 + \frac{\Delta h D}{2R \cdot 1000} \text{ мм,}$$

где:  $\Delta$  — вес одного кубического метра воды = 1 000 кг;

$R$  — допускаемое напряжение железа на сжатие и растяжение в килограммах на 1 см<sup>2</sup>;

$D$  — диаметр бака в метрах;

$\delta_0$  — 2—5 мм на изнашивание и ржавление стенок бака.

Толщина сферического дна бака  $\delta$  в нижней части определяется по формуле:

$$\delta = \delta_0 + \frac{\Delta h r}{20R} \text{ мм,}$$

где  $r$  — радиус кривизны дна в метрах;

$h$  — полная высота воды в баке в метрах;

$\delta_0$ ,  $\Delta$  и  $R$  имеют вышеуказанное значение.

## § 29. Пневматическое водоснабжение

Необходимый напор в водопроводной сети может быть достигнут давлением сжатого воздуха на воду. Это достигается при помощи одного или нескольких герметически закрытых резервуаров при так называемом пневматическом водоснабжении.

Различают два вида пневматического водоснабжения: а) с постоянным давлением и б) с переменным давлением.

В системе переменного давления резервуар заряжается воздухом от компрессора.

Зависимость между объемом воздушной и воздушно-водяной части резервуаров определяется по формуле:

$$V = V_0 + V_1 + V_2 = \frac{K}{100} V + V_1 + V_2 = \frac{100}{100 - K} V \left( \frac{P_{min} + 10}{P_{max} + P_{min}} \right);$$

где  $V$  — общий объем резервуара в кубических метрах;

$V_0$  — емкость водяной части резервуара, всегда заполненной водой, равная  $\frac{K}{100} V$  при  $K =$  от 5 до 10;

$V_1$  — емкость воздушно-водяной части резервуара, определяемой по расходу воды и работе насосов,

$V_2$  — емкость воздушной части резервуара;

$P_{max}$  — максимальное давление по манометру;

$P_{min}$  — минимальное давление сжатого воздуха, определяемого расчетом сети и величиной свободного напора;

$K$  — коэффициент, равный 5—10.

## § 30. Водопроводные трубы

1. Чугунные трубы изготавливаются раструбные и фланцевые; рассчитаны на давление в 10 атм.

При прокладке в земле применяют главным образом раструбные чугунные трубы.

С 1937 г. принят новый сортамент чугунных труб (ОСТ 2523). Размер чугунных раструбных и фланцевых труб указан в таблицах на стр. 697 и 698.

При поворотах и ответвлениях водопроводных линий применяются фасонные части; эскизы, условные обозначения указаны в таблице на стр. 699.

2. Стальные трубы изготавливаются цельнотянутые, клепаные и сварные.

Цельнотянутые трубы (трубы без шва) применяются для больших диаметров и больших давлений. В настоящее время на эти трубы имеется стандарт (ОСТ 5095—5098).

Клепаные трубы делают из стальных листов в виде цилиндров с продольными и поперечными клепочными швами.

Сварные трубы небольшого диаметра изготавливаются из небольших стальных полос, сваренных внакладку.

Стальные трубы имеют длину обычно 6—8 м и достигают 15 м.

В стыках стальные трубы соединяются при помощи:

а) фланцев,

б) муфт,

в) автогенной и электрической сваркой.

Фасонные части для стальных труб ставятся литые (из чугуна и стали) и сварные.

Для присоединения фасонных частей к трубам навариваются или навинчиваются фланцы.



































Стальные трубы дороже, чем чугунные, но более удобны в перевозке и более надежны в слабых грунтах.

3. Асбестоцементные трубы изготавливаются из 5 частей цемента и 1 части по весу асбеста.

Трубы рассчитаны на давление в 10 атм.

Характерные размеры раструбов различных сортиментов

Сортимент ОСТ						Сортимент У водопроводного среза						Дюймовый сортимент									
Внутренний диаметр труб $D_0$ в мм	Толщина стенки труб $a$ в мм	Наружный диаметр труб $D_T$ в мм	Внутренний диаметр раструба $D_2$ в мм	Толщина заделки $b$ в мм	Глубина заделки свинцом $\phi$ в мм	Глубина заделки прядью $z$ в мм	Внутренний диаметр труб $D_0$ в мм	Толщина стенки труб $a$ в мм	Наружный диаметр труб $D_1$ в мм	Внутренний диаметр раструба $D_2$ в мм	Толщина заделки $b$ в мм	Глубина заделки свинцом $\phi$ в мм	Глубина заделки прядью $z$ в мм	в дюймах	в мм	Толщина стенки труб $a$ в мм	Наружный диаметр труб $D_1$ в мм	Внутренний диаметр раструба $D_2$ в мм	Толщина заделки $b$ в мм	Глубина заделки свинцом $\phi$ в мм	Глубина заделки прядью $z$ в мм
100	8,5	117	133	8	28	37	100	8,5	117	131	7	27	29	4	102	9	120	134	7	32	36
125	9	143	159	8	28	37	125	9	143	157	7	27,5	29	5	127	9,5	146	160	7	32	36
150	9,5	169	185	8	28	42	150	9,5	169	184	7,5	28	29	6	152	10	172	188	8	33	36
200	10,5	221	237	8	28	42	200	10,5	221	236	7,5	29	30	8	203	11	225	241	8	33	37
250	11,5	273	289	8	28	47	250	11,5	273	289	8	30	30	10	254	12	278	296	9	34	38
300	12,5	325	341	8	28	47	300	12,5	325	342	8,5	31	30	12	305	12,5	330	348	9	34	40
400	14	428	448	10	35	45	400	14	428	446	9	33	32	16	406	14,5	435	453	9	36	40
500	16	532	552	10	35	50	500	16	532	552	10	35	32	20	508	16	540	560	10	37	42
600	18	636	656	10	35	55	600	18	636	658	11	37	33	24	610	18	646	668	11	38	44
700	21	742	762	10	35	60	700	20	740	763	11,5	39	35	28	711	20	751	775	12	39	47
800	24	848	872	12	42	63	800	22	844	869	12,5	41	36	—	—	—	—	—	—	—	—
900	27	954	978	12	42	63	900	24	948	974	13	43	37	36	914	23,5	961	987	13	42	50
1000	30	1060	1084	12	42	68	1000	26	1052	1080	14	45	38	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	1200	30	1260	1291	15,5	49	40	42	1067	26	1119	1147	14	43	53
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48	1219	28,5	1276	1306	15	45	55

Эскиз	Условное обозначение на схемах	Наименование
		Тройник фланцевый
		Тройник раструбный
		Тройник раструб — фланец
		Крест фланцевый
		Крест раструбный
		Крест раструб — фланец
		Выпуск фланцевый
		Выпуск раструбный
		Колено фланцевое
		Колено раструбное
		Колено раструб — гладкий конец
		Отвод фланцевый
		Отвод раструбный
		Отвод раструб — гладкий конец
		Переход раструбный
		Переход фланцевый
		Патрубок фланец — раструб
		Патрубок фланец — гладкий конец
		Двойной раструб
		Муфта подвижная
		Муфта свертная
		Заглушка фланцевая
		Седелка фланцевая
		Седелка с резьбой

## Характерные размеры раструбов различных сортаментов

Сортамент ОСТ				Сортамент У водопроводного срезка				Дюймовый сортамент					
Внутренний диаметр труб $D_0$ в мм	Диаметр фланца $D_1$ в мм	Толщина фланца $b$ в мм	Диаметр круга, проходящего через центр болтов $D_2$ в мм	Число болтовых отверстий $n$ в шт.	Диаметр болтовых отверстий $d_1$ в мм	Диаметр болтов $d$ в дюймах	Внутренний диаметр труб $D_0$	Диаметр фланца $D_1$ в мм	Толщина фланца $b$ в мм	Диаметр круга, проходящего через центр болтов $D_2$ в мм	Число болтовых отверстий $n$ в шт.	Диаметр болтовых отверстий $d_1$ в мм	Диаметр болтов $d$ в дюймах
100	220	22	180	8	18	$5/8$	100	235	21	185	4	22	$3/4$
125	250	24	210	8	18	$5/8$	125	255	22	205	8	19	$5/8$
150	285	24	240	8	22	$3/4$	150	280	23	230	8	19	$5/8$
200	340	26	295	8	22	$3/4$	200	340	25	290	8	22	$3/4$
250	395	28	350	12	22	$3/4$	250	395	27	345	12	22	$3/4$
300	445	28	400	12	22	$3/4$	300	465	29	405	12	25	$7/8$
400	565	32	515	16	25	$7/8$	400	570	33	510	16	25	$7/8$
500	670	34	620	20	25	$7/8$	500	695	37	625	16	28,5	1
600	780	36	725	20	30	1	600	800	41	730	24	28,5	1
700	895	40	840	24	30	1	700	930	45	850	24	32	$1 1/8$
800	1 015	44	950	24	34	$1 1/8$	800	1 050	49	960	24	35	$1 1/4$
900	1 115	46	1 050	28	34	$1 1/8$	900	1 160	53	1 070	32	35	$1 1/4$
1 000	1 230	50	1 160	28	37	$1 1/4$	1 000	1 270	57	1 180	32	35	$1 1/4$
1 200	1 455	56	1 380	32	43	$1 1/2$	1 200	1 510	65	1 400	32	41	$1 1/2$

Соединение труб в стыках производится при помощи муфт Жибо и Симплекс. Размеры и вес асбоцементных труб указаны в таблице.

Размеры и вес асбоцементных труб

	Внутренний диаметр							
	50	75	100	125	150	200	250	300
Толщина стенки в мм . . . . .	9	9	11	12	14	16	19	23
Длина трубы в м . . . . .	3	3	3	4	4	4	4	4
Вес 1 пог. м в кг . . . . .	3,33	4,93	7,93	10,75	15,00	22,25	33,25	48,00

Достоинство асбоцементных труб: а) малый вес, б) отсутствие зарастания, в) малая теплопроводность, г) хорошая морозостойкость, д) легко поддаются обработке.

4. Деревянные трубы изготавливаются двух типов: сверленные и клепочные. Сверленные трубы изготавливаются из гладкоствольного, малосучковатого, неошкуренного и свежесрубленного леса (влажность древесины — не менее 25—30%).

Диаметр бревен  $D$  в верхнем отрубе выбирается в зависимости от внутреннего диаметра  $d$  изготавливаемых труб приблизительно следующих размеров:

Диаметр $d$ трубы в миллиметрах . . . . .	50	75	100	125
Диаметр $D$ дерева в верхнем отрубе в миллиметрах . . . . .	170	220	260	310

Сверленные трубы выдерживают давление до 2,5 атм.

Клепочные трубы состоят из отдельных клепок (дощечек или брусков) шириною 75—150 мм, стянутых, подобно бочкам, железными обручами. Деревянные трубы, приготовленные на заводе машинным способом, имеют соединения: а) с помощью деревянной муфты, б) с помощью вставки конца трубы в другую трубу, в) труба стянута проволокой, муфта хомутами, г) с помощью стальной муфты.

В СССР звеновые деревянные трубы непрерывного типа изготавливаются на давление от 1 до 8 атм. со следующим внутренним диаметром и толщиной стенок:

Внутренний диаметр в миллиметрах . . . . .	100	125—150	200—450	500—1 100	1 400—2 200	3 000—4 000		
Толщина стенок в миллиметрах . . . . .	35	35—40	40	—1 000 50	—1 300 65	—2 000 70	—2 500 80	—4 000 100

Достоинства деревянных труб: а) малый вес, б) простота сборки, в) большая сопротивляемость электролизу, щелочам, кислотам и изменению температуры.

Недостатки деревянных труб: а) значительная водопроницаемость, б) опасность гниения, в) затруднительность присоединения фасонных частей, г) трудность устройства крутых поворотов, д) незначительная сопротивляемость внешним усилиям.

**5. Бетонные и железо-бетонные трубы.** Бетонные трубы изготавливаются из бетона состава 1 : 3,5 без железной арматуры и в зависимости от диаметра имеют следующую толщину стенок.

Диаметр труб в миллиметрах . . . . .	150	300	500	800	1 000
Толщина стенок в миллиметрах . . . . .	25	45	60	80	100

Трубы в целях предохранения от действия воды и почвы покрываются расплавленной битумной мастикой. При ручном способе изготовления длина труб не превышает 1,25—1,5 м. При машинном (центробежном) способе изготовления бетонные трубы имеют более гладкие и крепкие стенки и с более точными профилями фальцев в стыках. Бетонные трубы выдерживают давление не свыше 2 атм.

Железо-бетонные трубы имеют арматуру из колец и продольных стержней.

Железо-бетонные трубы допускают наибольшее внутреннее давление в 3 атм. и обычно имеют следующую толщину стенок при различных диаметрах труб.

Диаметр труб в миллиметрах . . . . .	150	300	500	800	1 000	1 500	2 000
Толщина стенок в миллиметрах . . . . .	15	25	35	45	50	60	90

К преимуществам бетонных и железо-бетонных труб обычно относят небольшую стоимость, большую сопротивляемость внешним условиям и незначительную теплопроводность. К недостаткам — непригодность труб для больших давлений, значительный вес, хрупкость и чувствительность к ударам, малую кислотоупорность и высокую потерю на трение о стенки.

## § 31. Арматура водопроводной сети

Арматура водопроводной сети состоит из задвижек, воздушных вентузов, предохранительных клапанов, обратных клапанов, водоразборных и пожарных кранов и водомеров.

### 1. Домовая сеть

Домовое ответвление к уличным присоединяется при посредстве тройников, укладываемых при устройстве сети, или просверливанием уличной трубы. В высверленное отверстие вставляют запорный кран и трубу ответвления. В целях удешевления над вентилем колодца не делают, а ограничиваются установкой чугунной трубы большего диаметра, обращенной раструбом вниз; в трубе помещают стержень для закрывания вентиля.

Все линии домового водопровода, идущие под землей и разводящие воду по различным службам и помещениям, должны быть снабжены запорными вентилями при входе и выходе из здания.

Основная магистральная труба должна проходить в подвальном или первом этаже, а к ней присоединяются вертикальные стояки, от которых идут ответвления, по возможности очень короткие, к домовым водопроводам. Стояки у основания снабжаются запорными вентилями, над кото-

рыми находятся отверстия, завинчиваемые пробкой, для выпуска из стояка воды во время ремонта.

Все трубы домового ответвления не должны иметь сифонов и застоев и должны быть плотно прикреплены к стенам и изолированы от замерзания.

Диаметр отдельных труб домовых ответвлений обычно берется из расчета числа кранов, питаемых ответвлением.

## 2. С.-х. водоразборные устройства

Общие требования для всех типов сельскохозяйственных водоразборов:

1. Водоразборы не должны загрязнять источник и ухудшать качество воды (отсутствие застаивания воды вокруг водоразбора).

2. Водоразборы должны предупреждать возможность передачи эпидемических и эпизоотических заболеваний (гладкая поверхность, отсутствие углов и щелей, отсутствие застаивания воды и т. п.).

3. По устройству они должны быть просты и легко осуществимы в условиях колхозов и совхозов и не должны требовать дефицитных материалов.

4. Забор воды потребителями должен быть простым, удобным, а в животноводческих хозяйствах обеспечивать самостоятельный забор воды отдельными животными.

Водоразборы при ручном разборе воды должны давать не менее 0,5 л в секунду и при бочечном — не менее 1,5—2 л в секунду; при подаче в водопойные корыта расход определяется количеством одновременно выпаиваемых животных и временем водопоя.

Продолжительность водопоя приблизительно может быть принята на 1 голову:

Крупный рогатый скот . . . . .	7—9 минут
Овцы . . . . .	8—10 »
Лошади . . . . .	7—10 »
Свиньи . . . . .	7—14 »

## 8. Полевые водоразборы из водохранилища

Эти водоразборы состоят из сооружений для регулирования напора и расхода, кранов для ведерного и бочечного разбора, водопойных площадок и, в случае плохой воды, очистных сооружений.

Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации рекомендует такие водоразборы устраивать следующим образом.

Вода из наиболее глубокой точки водохранилища забирается самотечной трубой или сифоном и подается в приемный колодец, располагаемый ниже плотины.

Из приемного колодца вода по трубопроводу поступает, в зависимости от отметки, или самотеком, или при помощи насосов в водоразборные краны и водопойные корыта.

Водопойная площадка, обычно замощенная, располагается ниже водохранилища с уклоном, обеспечивающим сток воды с нее.

Длина корыт, вытянутых по прямой линии, на одну голову крупного рогатого скота — 1 м, а для овец и свиней при подходе с одной стороны корыта — 0,3 м, а с двух сторон — 0,2 м.

Длина корыт, расположенных по кругу и при подходе с одной стороны, для крупного рогатого скота—0,5—0,66 м, для овец — 0,25 м и для свиней — 0,25 м.

Верхний край корыта располагается над землей для рогатого скота на 0,4—0,6 м и для овец — на 0,3—0,4 м.

### Размеры водопойных корыт (в сантиметрах)

Вид животных	Глубина	Внутренняя ширина	
		по верху	по низу
Крупный скот . . . . .	35	35	25
Овцы . . . . .	20	30	15
Свиньи . . . . .	25	30	25

*Полевой водоразбор из колодца, если последний обладает часовым дебитом меньшим, чем часовая потребность, осуществляют при помощи устройства запасного резервуара у колодца.*

#### 4. Водопойные устройства внутри помещения

Водопойные устройства внутри помещения могут быть автоматические и неавтоматические.

Неавтоматические состоят из системы обычных водопроводных кранов, размещенных на трубах внутри помещения. Вода из кранов поступает в корыта или поилки. В зимнее время для водопоя используются запасные баки, в которых вода подогревается специальной топкой до температуры 12—15 Ц. Автоматические водопойные устройства состоят из автопоилок; в СССР в настоящее время применяются главным образом автопоилки по типу американской поилки Лаудона.

Американская автопоилка по типу системы Лаудона, применяемая в ряде мясо-молочных совхозов, построена с пружинным клапаном, на который при помощи особого рычага нажимает (губами) животное, желая достать воду на дне сосуда.

*Приложение I*

## ПОСТАНОВЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО КОМИТЕТА И СОВЕТА НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ

### О санитарной охране водопроводов и источников водоснабжения

*(Напечатано в «Собрании законов и распоряжений» Рабоче-Крестьянского правительства СССР, № 35, 1 июня 1937 г., отдел первый)*

В целях усиления санитарной охраны водопроводов и источников водоснабжения, Центральный Исполнительный Комитет и Совет Народных Комиссаров Союза ССР постановляют:

1. В каждом населенном пункте Союза ССР, в котором имеется или строится водопровод общего пользования или водопровод для технических целей, но используемый также для обслуживания населения, обязательно устанавливается зона санитарной охраны открытых и подземных источников водоснабжения, питающих данный водопровод.

2. Зона санитарной охраны источников водоснабжения делится на три пояса, в каждом из которых устанавливается особый режим.

3. Первый пояс охватывает территорию, где находится самый источник водоснабжения, в пределах участков забора воды и расположения водопроводных сооружений. В случае необходимости, в зависимости от особых санитарных показателей и на основе специальных обследований, в первый пояс включается также территория, смежная с участками забора воды и местами расположения водопроводных сооружений.

В первом поясе запрещается проживание и временное нахождение лиц, не связанных непосредственно с работой на водопроводных сооруже-

ниях, а также какое бы то ни было строительство, за исключением связанного с техническими нуждами самого водопровода.

4. Второй пояс охватывает территорию, непосредственно окружающую источники водоснабжения и их притоки.

Во втором поясе запрещается такое использование территории или источников водоснабжения, которое может вызвать качественное или количественное ухудшение последних. В соответствии с этим, всякого рода строительство, уничтожение насаждений, проведение железнодорожных и автотранспортных путей, использование земельных участков и водоемов для сельскохозяйственных нужд, мероприятий по физкультуре, купания и т. п. допускается в пределах второго пояса только с особого разрешения органов государственной санитарной инспекции.

5. Третий пояс охватывает смежную со вторым поясом территорию, неблагоприятное состояние которой может вызвать распространение инфекционных заболеваний через водопровод.

В третьем поясе органы здравоохранения производят специальный учет инфекционных заболеваний, которые могут распространяться через водопровод, и обязательно эпидемиологическое обследование каждого отдельного случая таких заболеваний.

6. Зона санитарной охраны источников водоснабжения и ее подразделение на пояса устанавливается в каждом населенном пункте решением соответствующего местного совета с утверждения:

а) советов народных комиссаров союзных республик — для столиц союзных республик и для населенных пунктов, расположенных в важнейших курортных районах (Южный берег Крыма, Кавказские Минеральные Воды, Сочи — Мацестинский район и др.), а также для краевых и областных центров и всех городов с населением свыше 200 тысяч человек;

б) советов народных комиссаров автономных республик, краевых и областных исполнительных комитетов — для прочих населенных пунктов.

При рассмотрении вопроса об установлении зоны санитарной охраны источников водоснабжения обязательно заслушивается заключение соответствующего органа государственной санитарной инспекции.

7. Границы каждой зоны санитарной охраны источников водоснабжения должны быть точно определены на карте, а границы первого пояса зоны должны быть также отмечены в натуре соответствующими знаками (столбы с надписями и т. п.).

8. Местные советы обязаны оповестить население о границах зоны санитарной охраны источников водоснабжения и ее поясов, а также о режиме, действующем в пределах этой зоны (ст. ст. 2—5).

9. В пределах зоны санитарной охраны источников водоснабжения по решениям местных советов проводятся необходимые санитарно-оздоровительные мероприятия.

10. Одновременно с проектированием каждого водопровода общего пользования или водопровода для технических целей, но предназначенного также для обслуживания населения, должны разрабатываться предложения об установлении зоны санитарной охраны соответствующих источников водоснабжения.

11. Всем без исключения предприятиям и учреждениям запрещается спускать вредные для здоровья или загрязненные сточные воды в границах зоны санитарной охраны источников водоснабжения, а также в пределах всей территории населенного пункта. Предприятия и учреждения обязаны либо спускать эти воды в общую канализацию, либо подвергать их до спуска в водосмы предварительной очистке на собственных очистных сооружениях.

Предприятиям и учреждениям, действующим ко времени издания настоящего постановления, дается шестилетний срок (с 1937 г. по 1942 г.); на протяжении которого они обязаны присоединиться к общей канализации или устроить собственные очистные сооружения.

12. Вновь строящиеся предприятия и учреждения, вводимые в действие после издания настоящего постановления, могут быть пущены лишь при условии присоединения их для спуска вредных для здоровья или загрязненных сточных вод к общей канализации или устройства собственных очистных сооружений.

Соответствующий орган государственной санитарной инспекции должен произвести необходимое обследование и удостоверить, что предприятие или учреждение может быть пущено.

13. Техническая инструкция о порядке спуска предприятиями и учреждениями сточных вод в общую канализацию издается Высшим Советом Коммунального Хозяйства по согласованию с Народным Комиссариатом Здравоохранения Союза ССР.

Санитарные правила о порядке спуска предприятиями и учреждениями сточных вод в открытые водоемы издаются Народным Комиссариатом Здравоохранения Союза ССР.

14. Нарушение инструкции или правил спуска сточных вод (ст. 13) влечет за собой наложение на виновных штрафа органами государственной санитарной инспекции, в соответствии с действующими законами, а в подлежащих случаях — привлечение виновных к уголовной ответственности.

15. Списки действующих предприятий и учреждений, которые обязаны провести указанные в ст. 11 мероприятия, а также сроки проведения этих мероприятий утверждаются ежегодно, начиная с 1938 г.:

а) по предприятиям и учреждениям союзного подчинения — Советом Народных Комиссаров Союза ССР по представлению Народного Комиссариата Здравоохранения Союза ССР;

б) по предприятиям и учреждениям республиканского подчинения — советами народных комиссаров союзных республик по представлениям народных комиссаров здравоохранения этих республик;

в) по предприятиям и учреждениям местного подчинения — советами народных комиссаров автономных республик, краевыми и областными исполнительными комитетами по представлениям соответствующих органов здравоохранения.

16. Обязать народные комиссариаты Союза ССР и советы народных комиссаров союзных республик в течение 1937 года обеспечить на предприятиях, указанных в прилагаемом списке, приступ к устройству собственных сооружений для спуска сточных вод в коммунальную канализацию.

17. Предложить Советам Народных Комиссаров РСФСР, УССР, БССР и Узбекской ССР, по принадлежности:

а) ускорить строительство основных коллекторов городской канализации и необходимых очистных сооружений с обеспечением экономически и технически целесообразных присоединений к городской канализации предприятий, спускающих вредные для здоровья или загрязненные сточные воды в городах: Ярославле, Грозном, Ростове на Дону, Таганроге, Новороссийске, Свердловске, Челябинске, Днепропетровске, Минске и Владивостоке;

б) приступить к строительству канализации с устройством необходимых очистных сооружений в городах Нижний Тагил, Керчь, Ташкент и Витебск.

Москва, Кремль, 17 мая 1937 г. № 96/834

## НОРМЫ ПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ (В КОЛХОЗАХ)

СОГЛАСОВАНО С ГУПО НКВД СССР 29/V 1939 г. № 1015486

Выдержки из «Инструкции по проектированию сельских водопроводов»

(Издание Народного комиссариата земледелия РСФСР, Ленинград, 1939 г., стр. 49)

1. Устройство пожарного водоснабжения в колхозах и колхозных хозяйствах должно обеспечивать наличие воды и возможность ее подачи во всякое время дня и ночи в количестве, потребном для тушения пожаров в пределах, указанных настоящими нормами.

2. В случае, если противопожарные потребности крупных сельскохозяйственных промышленных предприятий (молочные, сыроваренные заводы и пр.) не могут быть обеспечены действием сельского водопровода, то они должны быть оборудованы собственными противопожарными водопроводными устройствами, питаемыми самостоятельными источниками водоснабжения.

3. Приводимые ниже нормы пожарного водоснабжения устанавливаются для вновь проектируемых, строящихся или капитально ремонтируемых водопроводов в сельских местностях.

4. Пожарное водоснабжение при строительстве сельских водопроводов должно совмещаться с хозяйственными и, как правило, применяется низкого давления.

Устройство хозяйственно-противопожарных сельских водопроводов высокого давления, постоянного или создаваемого при помощи стационарного пожарного насоса, входящегося в насосной станции, — должно

Количество населения в тыс. человек	Предполож. число пожа- ров	Число пожарных струй	Продолжи- тельность по- жара в часах	Общий рас- ход на по- жар (л.сек.)
От 5 до 10 (дворов от 1 тыс. до 2 т.) . . . . .	1	2	3	10
От 1 до 5 (дворов от 200 до 1 тыс.) . . . . .	1	2	3	5
Менее 1 (дворов ме- нее 200) . . . . .	1	1	2	2,5

быть мотивировано специальными обстоятельствами (топографическими, экономическими и др.), требующими устройства водопроводов высокого давления.

5. Расход воды для пожаротушения устанавливается в колхозном секторе в зависимости от расчетного количества населения и размера животноводческих ферм (см. табл.). Для небольших животноводческих ферм (менее 300 голов) при устройстве водопровода принимать расход на один пожар 2,5 л/сек. продолжительностью 2 часа.

6. В случае устройства сельского водопровода только на хозяйственный расход (по экономическим и другим причинам) в каждом отдельном случае должны быть намечены мероприятия по противопожарному водоснабжению путём устройства новых и использования существующих естественных и искусственных водоемов, а именно:

а) при наличии естественного водоема, расположенного вдоль села (река, пруд, озеро и пр.) и обеспечивающего требуемый для пожаротуше-

ния объем воды, устроить удобные подъезды в местах, обеспечивающих возможность забора воды в случае необходимости тушения пожара, по указанию местных УПО НКВД;

б) в случае отсутствия или недостаточности естественных водоемов необходимо запроектировать и устроить дополнительные водоемы: пруды, каналы, колодцы, резервуары, обеспечивающие потребность пожаротушения в размерах, предусмотренных в § 5.

7. Расход воды для тушения пожаров устанавливается в указанных в §§ 5 и 6 пределах, в каждом отдельном случае по согласованию с местными органами пожарной охраны НКВД (в зависимости от пожарной опасности, характера предприятия, типа и планировки селений, фермы с племенным скотом и других специальных требований).

8. На случай пожара расчет сети производится на принятый пожарный расход плюс максимальный расчетный хозяйственный расход, а для населенных пунктов с количеством жителей менее 5 000 человек расчет сети производится на пожарный расход, принятый для этих селений, плюс хозяйственный, определяемый от максимального суточного.

9. Потребный для тушения пожаров постоянный напор при максимальном расчетном или при среднечасовом хозяйственном (§ 8) расходе устанавливается:

а) для водопроводов низкого давления не должен падать ниже 7 м в любом участке сети;

б) в противопожарных водопроводах высокого давления напор во время пожара должен обеспечивать подачу струи высотой 10 м, при расположении ствола на уровне наивысшей точки наиболее высокого здания (исключая отдельных высоких частей здания — башни и пр.) и при длине непрорезиненного пенькового рукава 100 пог. м.

Расход на пожар (л/сек.)	Диаметр мундштука (мм)	Напор у начала рукава, где $H$ — высота здания до конька крыши (м)	Высота струи м
5,0	19	$H + 24$	13,5
2,5	16	$H + 15,5$	10,0

Диаметр рукава в 63 мм и диаметр sprыска ствола в 19 мм следует применять только при расчетном расходе одной струи в 5 л/сек.

При расчетном расходе одной струи в 2,5 л/сек. следует принимать рукав диаметром 50 мм, а sprыск ствола — 16 мм.

10. В случае невозможности получения в любое время потребного для тушения пожара количества воды непосредственно от водосточника должны быть предусмотрены резервуары с постоянным запасом воды, обеспечивающим тушение пожара в соответствии с нормами таблицы § 5.

Восстановление пожарного запаса воды в резервуарах должно начаться одновременно с его расходом и продолжаться не более 36 часов.

Запасные резервуары должны иметь оборудование, обеспечивающее неприкосновенность пожарного запаса и постоянную циркуляцию воды.

11. Если источником водоснабжения являются грунтовые воды из буровых колодцев, то допускается, как правило, устройство одной скважины, за исключением отдельных случаев, когда при наличии штанговых насосов для полной надежности водоснабжения должна устраиваться резервная скважина.

Необходимость устройства резервной скважины определяется инстанцией, утверждающей проектное задание.

12. Насосные станции сельского водопровода должны иметь один запасный агрегат. Для небольших водопроводов (колхоз, имеющий менее

1 000 человек населения) разрешается временно в порядке очередности строительства иметь один агрегат.

13. Здания насосных станций должны быть огнестойкими или полустойкими и располагаться от ближайших строений и сооружений на расстоянии от сгораемых зданий на 30 м и от остальных — 20 м.

Для колхозов с населением 1 000 человек, учитывая экономические условия, допускаются полустойкие здания насосных станций.

Характер материала для строительства зданий насосных станций определяется инстанцией, утверждающей проектное задание.

14. Если станция работает не круглые сутки, то в часы остановки работы насосной станции в баке водонапорной башни необходимо иметь запас воды сверх хозяйственного на обеспечение тушения пожара первые  $\frac{1}{2}$  часа с тем, чтобы в этот период времени включить работу насосной станции.

15. Водопроводная сеть сельских водопроводов может быть кольцевая или тупиковая, в последнем случае должны быть приняты меры против промерзания труб.

16. Диаметр магистральных труб не должен быть менее 75 мм при обеспечении пропускания хозяйственного и пожарного расхода.

17. Расстояние между гидрантами в пределах застройки должно быть не более 100 м, они должны быть защищены от замерзания и обеспечены удобными подъездами к ним.

## ГЛАВА X

### МЕЛИОРАТИВНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

#### § 32. Типовые схемы водоподъемных сооружений

В систему оборудования и сооружений, относящихся к мелиоративной насосной станции (осуществляющей водоподъем в целях ирригации или осушения), входят: водозаборные и водонесущие сооружения,

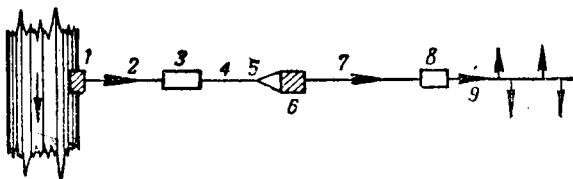


Рис. 339. Общая схема водоподъемных сооружений: 1 — водозаборное сооружение (водоприемник); 2 — подводящий канал или трубопровод; 3 — отстойник; 4 — подводящий канал или трубопровод; 5 — аванкамера (расширение канала); 6 — насосная станция; 7 — напорный трубопровод; 8 — приемное сооружение напорного трубопровода (напорный бассейн); 9 — магистральный оросительный канал.

отстойник, машинное здание насосной станции с установленными в нем агрегатами насосов и двигателей, напорные трубопроводы или иные вододоводящие сооружения, приемный бассейн в голове магистрального оросительного или осушительного канала (перечисленные водоподъемные сооружения могут объединяться термином «Гидротехнический узел машинного водоподъема»).

На рис. 339 изображена общая схема расположения сооружений, относящихся к водоподъему;

В зависимости от естественно-исторических факторов и технико-экономических соображений общая схема сооружений может видоизменяться и упрощаться.

Рис. 340 представляет схему, в которой насосная станция объединена с водоприемником и составляет одно гидротехническое сооружение; ос-

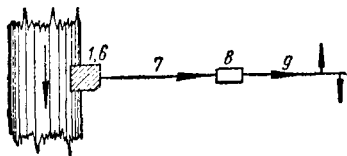


Рис. 340. Схема насосной станции, объединенной с водоприемником (обозначения см. рис. 339).

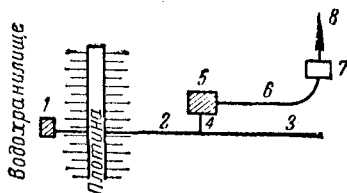


Рис. 341. Схема водоподъемных сооружений при заборе из водохранилища: 1 — водоприемник; 2 — подводящая труба; 3 — сбросная труба; 4 — подводящая труба; 5 — машинное здание насосной станции; 6 — напорный трубопровод; 7 — напорный бассейн; 8 — магистральный оросительный канал.

тальные части сооружений или отсутствуют (например, отстойник), или также могут быть объединены с другими частями (например, отстойник объединяется с приемной частью машинного канала и т. п.). Система, где насосная станция объединяется с водозаборным сооружением, называется объединенной, в отличие от раздельной системы, изображенной на рис. 339. Объединенная система может быть стационарного или пловучего типа; в последнем случае насосная станция называется пловучей насосной станцией.



Рис. 342. Перекачивающая насосная станция (схема сооружений): 1 — подводящий канал; 2 — бассейн перед насосной станцией (аванкамера); 3 — насосная станция; 4 — шит (затвор и т. д.), шлюз и регулятор; 5 — труба для холостого сброса; 6 — напорная труба; 7 — труба, отводящая воду от насосной станции; 8 — водовыпускное сооружение.

Рис. 341 представляет схему расположения сооружений, относящихся к машинному водоподъему при заборе воды из водохранилища.

Если линия расположения насосов в плане направлена вдоль оси подводящего канала или потока, то станция называется насосной станцией с боковым водозабором; при расположении этой линии перпендикулярно к оси подводящего канала насосная станция называется насосной станцией с прямым водозабором.

К первому случаю может относиться объединенная насосная станция с водозаборным сооружением, расположенная на реке или вдоль подводящего канала. Ко второму случаю относится насосная станция с раздельной системой, как, например, изображенная на рис. 339.

Схема сооружений для водоподъема из осушительной системы, а в некоторых случаях и для перекачивания отработанных сбросных вод ирригационных систем, изображена на рис. 342.

В зависимости от естественно-исторических условий и технико-экономических соображений возможны варианты расположения насосной станции перед дамбой или в теле дамбы. Схема сооружений должна предусматривать, кроме машинного водоподъема, также и самотечный сброс воды.

## § 33. Отдельные элементы ирригационной схемы водоподъемных сооружений

### 1. Водозаборные сооружения

Для забора воды могут применяться обычные водопроводные типы водоприемников.

В ирригационной практике чаще всего применяется водозабор в виде открытого канала с регулирующими сооружениями или без них, а также в виде самотечных труб.

Основные положения проектирования водозаборных сооружений таковы.

1) Русло источника водоснабжения должно быть неизменяемым, в противном случае приходится прибегать к искусственному закреплению его.

2) Глубина воды в источнике орошения должна быть достаточна для того, чтобы водозабор можно было производить с глубины не менее чем на 1 м выше дна и на 1 м ниже низкого горизонта. При недостаточной глубине необходимо прибегать к искусственному повышению уровня, например, к устройству водоподпорного сооружения (предусматривая мероприятия по борьбе с отлагающимися наносами).

3) Берег реки у места расположения водоприемника должен быть удобен для рационального расположения сооружений, отводящих воду от водоприемных устройств.

4) При наличии судоходной реки необходимо учитывать требования беспрепятственного судоходства.

5) Сооружения для забора воды должны удовлетворять условиям прочности, предъявляемым теорией прочности сооружений.

6) Водоприемник должен быть доступен для осмотра и ремонта без прекращения его деятельности, для чего полезно делать водоприемник из двух независимых частей.

7) Необходимо предусмотреть устройство приспособлений для задержки плавающих в воде предметов.

8) Необходимо предусмотреть мероприятия по борьбе с донным льдом, если насосная станция работает в морозный период.

Кроме указанных общих положений, при проектировании необходимо учитывать конкретные условия водозабора: режим источника, количество и направление взвешенных наносов, скорости течения воды и т. п.

Для наиболее правильного решения вопросов проектирования рекомендуется изучение (хотя бы по литературным источникам) уже существующего и хорошо работающего в аналогичных условиях сооружения, а также и сооружения с выявившимися в эксплуатации дефектами, причины которых должны быть устранены в новом сооружении. В затруднительных случаях следует прибегать к лабораторным исследованиям с моделями в опытных лотках гидравлических лабораторий.

**Существующие типы водоприемников.** 1. На рис. 343 изображена насосная станция с расходом  $Q = 2,3 \text{ м}^3/\text{сек.}$  при колебании горизонта воды в источнике до 8,66 м. Подвод воды к колодцам осуществлен при помощи железобетонной штольни. Штольня разделена на каналы стенками, кото-

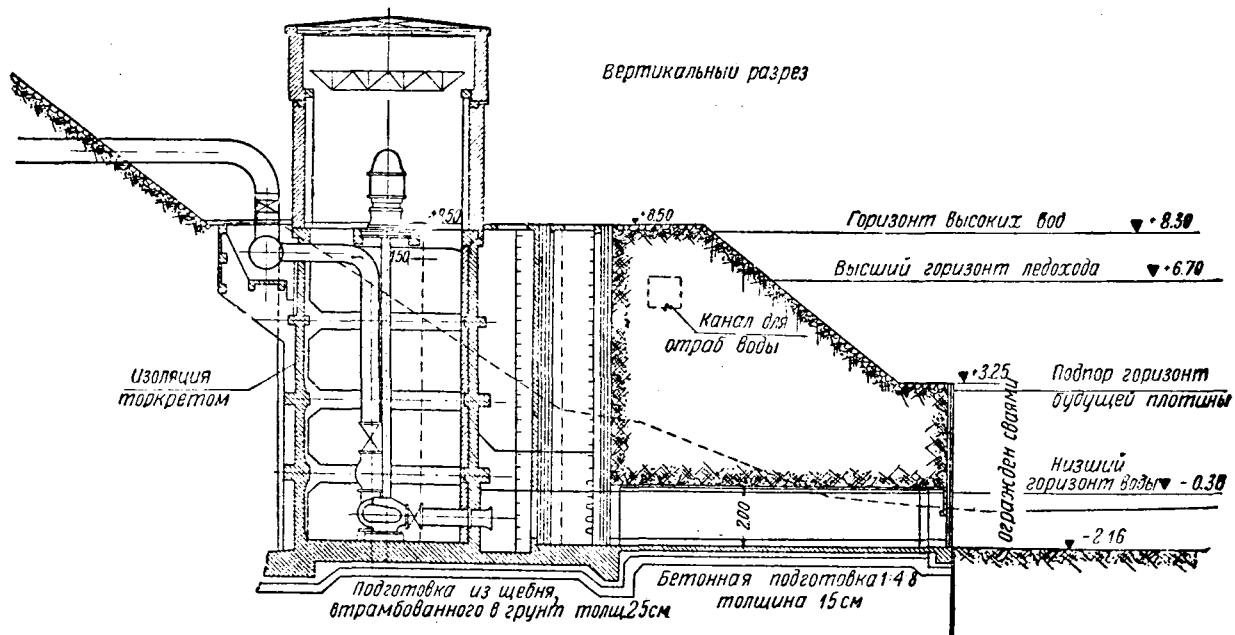


Рис. 343. Вертикальный разрез насосной станции со значительным колебанием уровня воды в источнике.

рые служат опорами для перекрытия штольни. Штольня оканчивается сеточным фильтром, причем легкие сетки опускаются по пазам в железобетонных стойках. При входе воды в колодец устроены пазы для сеток или щитов, опускаемых сверху; следовательно, щиты можно опустить в любое время и осушить колодец. Перед входом в штольню имеются пазы, в которых помещаются решетки, но могут быть поставлены и щиты для освобождения штольни от воды. Станция оборудована тремя вертикальными насосами. Каждая штольня состоит из двух каналов; всего для трех насосов имеется шесть каналов и три приемных колодца.

2. На рис. 344 показан план водозаборного сооружения ирригационной насосной установки для большой реки с большими колебаниями горизонтов. Ось сооружения составляет угол в  $20^\circ$  с линией берега. Водозаборное сооружение состоит из приемного колодца, откуда вода штольнями подводится к отстойникам. Расход  $Q = 16 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

При заборе воды из ирригационного канала (зональная станция 2-го и выше подъемов) схема водозабора, в основном своем виде, остается как на рис. 339, за исключением отстойника (3), который здесь не нужен, так как наносы откладываются выше в источнике. Станция (5) может находиться и на самом канале. Водоприемник (1) в общем случае представляет обычный шлюз-регулятор ирригационного канала. Водозабор в этом случае ведется по обычным правилам проектировки водозаборных сооружений ирригационной системы.

При проектировке водоприемников всех типов рекомендуется определять общую площадь сечения входных отверстий из такого расчета, чтобы скорость поступления воды была достаточно мала и вода не могла увлекать за собой муть. Однако при больших расходах воды, во избежание значительного удорожания сооружений, входные скорости доводят до  $1,5 \text{ м/сек}$ ., хотя желательно придерживаться скоростей  $0,5—0,75 \text{ м/сек}$ ., а для самых малых водозаборов —  $0,2—0,3 \text{ м/сек}$ .

## 2. Водоподводящие сооружения

Водоподводящие сооружения (см. на рис. 339 схематические изображения 2 и 4) бывают такие:

- 1) канал без крепления,
- 2) канал с креплением,
- 3) трубопровод: металлический, железобетонный, деревянный (круглого или прямоугольного сечения).

Выбор того или иного типа обуславливается технико-экономическими соображениями.

## 3. Отстойники

Проектируются на основании тех же соображений, как и отстойники гидротехнических сооружений. Иногда отстойники помещаются за насосной станцией. В этом случае необходимо стремиться к тому, чтобы подводящие сооружения и насосы подвели к отстойникам главную часть наносов. Подобное расположение отстойников встречается тогда, когда отстойник нельзя расположить перед насосной станцией по топографическим или иным условиям, но необходимо иметь всю или часть осветленной воды, например, для тепловых двигателей насосных станций.

## 4. Насосная станция

Насосная станция имеет следующие элементы:

- 1) приемный бассейн,
- 2) насосы, двигатели и их соединения,
- 3) фундаменты,

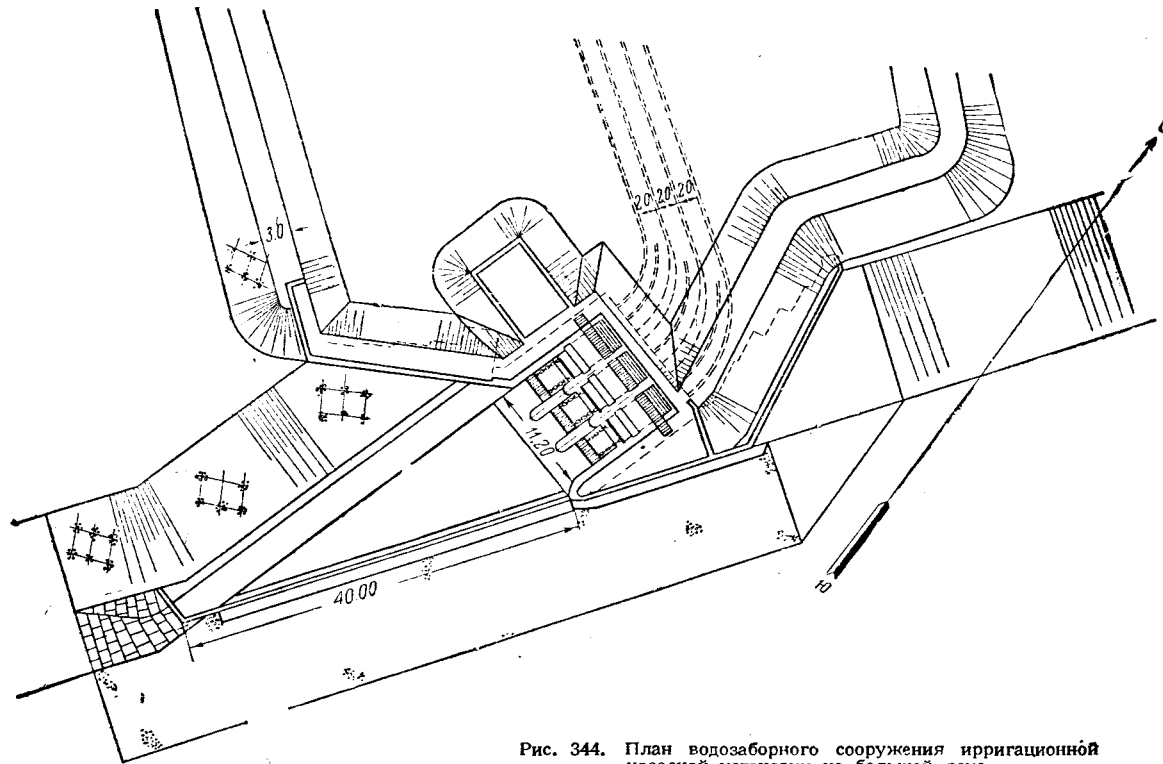


Рис. 344. План водозаборного сооружения ирригационной насосной установки на большой реке.

- 4) всасывающие и отводящие трубопроводы в пределах станции,
- 5) арматура и контрольно-измерительная аппаратура,
- 6) машинное здание станции.

### § 34. Типы ирригационных насосных станций

Насосные станции разделяются по числу перекачек на насосные станции 1-го подъема, 2-го подъема и т. д.

Насосные станции могут классифицироваться по конструктивной связи насосной установки с зданием станции.

1) Насосные станции блочного типа (рис. 345), в которых насосные трубы выполняются из бетона и железобетона как одно целое с подземной частью здания насосной станции.

2) Насосные станции камерного (иначе шахтного) типа, в которых устройство шахты для

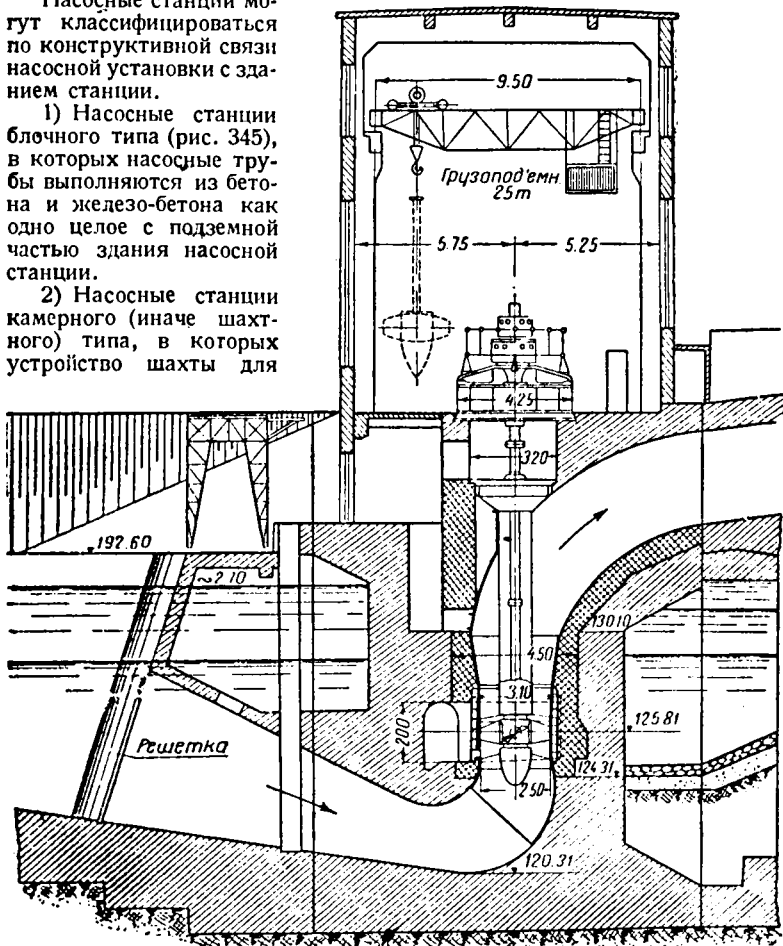


Рис. 345. Насосная станция блочного типа.

помещения в ней насосов вызывается необходимостью приблизить насосы к низкому (по сравнению с берегом) горизонту воды в источнике до величины, не превышающей предельную высоту всасывания насосов.

Камерные насосные станции в свою очередь разделяются на:

а) насосные станции с мокрой камерой (рис. 346), т. е. затопленной постоянно или при повышении горизонта воды в источнике так, что насосы в ней работают под водой;

б) насосные станции с сухой камерой (рис. 347, стр. 716), в которой насосы изолированы от затопления, что бывает необходимо, когда применяется насос и передача от двигателя такой конструкции, при которой требуется постоянный надзор и работа в сухом помещении.

3) Можно выделить группу станций, характерным отличием которых является установка насоса на отдельном фундаменте, расположенном внутри здания станции, но конструктивно с ним не связанным. Такое устройство насосной станции обычно применяется при небольших (в пределах высоты всасывания) колебаниях уровня воды в источнике, при отсутствии, следовательно, необходимости приспособлять к этим уровням здание станции и размещение в нем насосов. Такие станции встречаются в водопроводном деле, поэтому их (по М. М. Флоринскому) условно можно назвать «водопроводными» (рис. 348, стр. 717).

В мелиоративной практике установился термин «сифонной» насосной установки при значительных (но в пределах высоты всасывания) колебаниях уровня воды в верхнем бьефе (рис. 349, стр. 717). Установка характеризуется тем, что ось насоса располагается выше высшего горизонта воды в верхнем бьефе, а нагнетательная труба идет с понижением от насоса, заканчиваясь под нижшим уровнем воды в верхнем бьефе. Таким образом из всасывающего и нагнетательного трубопроводов, соединяемых насосной камерой, получается сифон, действие которого при пониженных горизонтах воды в верхнем бьефе экономит энергию двигателя. Сифонная установка по конструктивной связи со зданием может быть блочного типа и водопроводного.

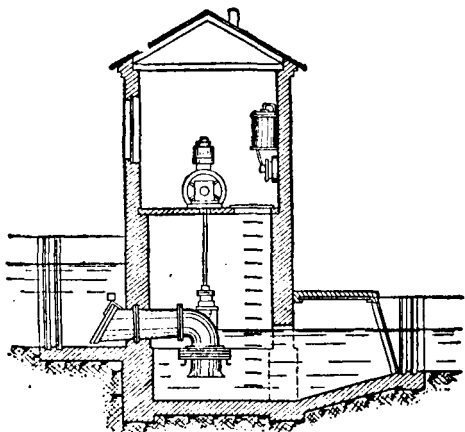


Рис. 346. Насосная станция камерного типа с мокрой камерой.

## § 35. Выбор двигателей для насосных станций

### 1. Типы применяемых двигателей

а) Паровые установки небольших мощностей представлены главным образом локомотивами. Применяются:

1) паровые локомотивы малой мощности типа  $П_1$  и  $П_2$  употребляемые главным образом в сельском хозяйстве (как передвижные, так и стационарные);

2) локомотивы стационарного типа Э и ЛМ с конденсацией, пароперегревом и подогревом воды.

Кроме нормального топлива — угля и дров, локомотивы приспособлены для сжигания в специальных топках малоценного топлива и разных отбросов сельского хозяйства.

(Таблица локомотивов Людиновского завода приводится в каталогах «Локомотивы».)

Паровые двигатели обладают следующими достоинствами:

1) допустимость большой перегрузки и возможность изменения в широких пределах числа оборотов, что весьма важно при переменном характере нагрузки;

2) возможность использования самых дешевых сортов топлива, включая и отбросы топлива.

Главные недостатки паровых двигателей:

1) низкий тепловой коэффициент полезного действия (для насосно-паровых установок 0,5—2%);

2) значительные потери тепла во время остановок;

3) требуют здания большого размера и большого штата обслуживающего персонала.

б) Двигатели внутреннего сгорания применяются как стационарные, так и передвижные (главным образом тракторы).

Стационарные двигатели работают на газах, нефти и других видах топлива.

Газовые стационарные двигатели работают на

газах: осветительном, доменных и коксовых — ваемом специальными газогенераторами.

Преимущества газовых двигателей — малый расход топлива, высокая степень равномерности хода, а также возможность использования разных малоценных видов топлива, как опилки, бурые угли, отбросы с.-х. продукции и пр., для которых конструируются специальные газогенераторы,

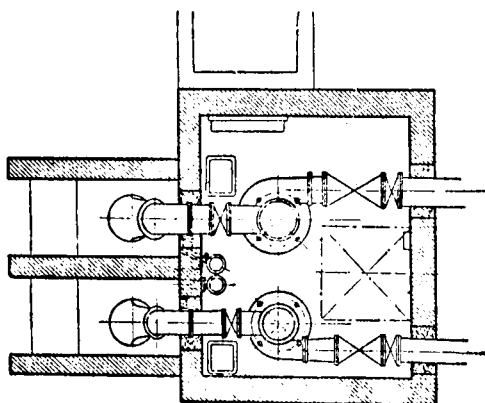
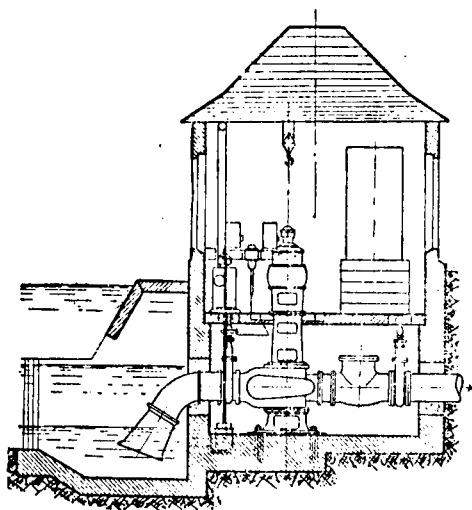


Рис. 347. Насосная станция камерного типа с сухой камерой.

Двигатели жидкого топлива работают на бензине, керосине, газолине, сырой нефти, мазуте, соляровом масле, дизельном топливе, спирте. Расход топлива в двигателях быстрого сгорания зависит от величины двигателя и нагрузки, и в нормальных условиях его можно считать равным 270—400 г на силочас.

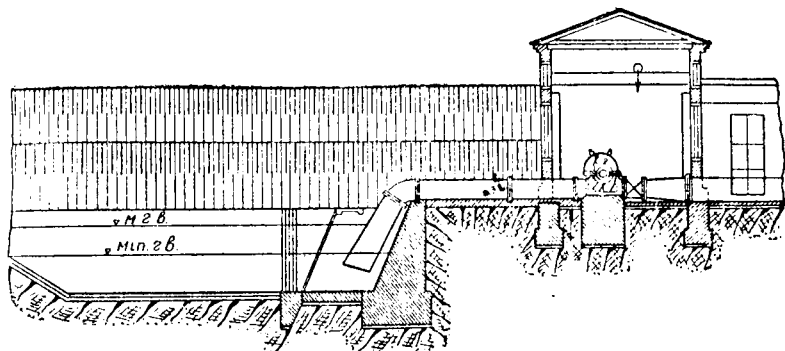


Рис. 348. Насосная станция «водопроводного» типа.

В двигателях Дизеля, четырехтактных или двухтактных, с компрессором или без компрессора, расход зависит от величины двигателя. В среднем его можно считать 180—250 г на силочас.

(Таблицы двигателей внутреннего сгорания, изготовляемых заводами СССР, приводятся в специальных каталогах, например, треста Союздизель.)

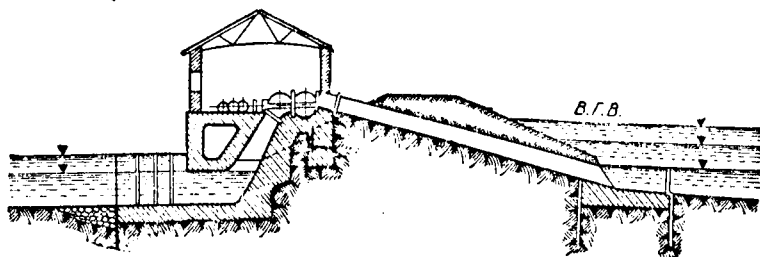


Рис. 349. Сифонная насосная установка.

в) Нормальные электромоторы делаются для постоянного тока напряжением 110, 220 и 440 вольт и трехфазного тока — напряжением 127, 220, 380, 500, 3 000 и 6 000 вольт.

При постоянном токе возможно регулирование оборотов практически без потерь путем изменения тока возбуждения шунтового двигателя (реостатом в цепи возбуждения).

Предел регулирования числа оборотов — 1:3.

Недостаток — наличие коллектора.

Постоянный ток мало употребляем в насосных станциях.

Трехфазный ток также дает возможность регулировки, но с потерями, примерно пропорциональными снижению числа оборотов, а поэтому регулировка оборотов применяется редко.

Регулировка достигается включением в ротор реостата через контакты колец.

Для 50-периодного тока синхронные числа оборотов моторов — 3 000, 1 500, 1 000, 750, 600, 500 и т. п. — определяются по формуле:

$$n_{\text{синхр}} = \frac{3000}{p} \text{ при 50 периодах в секунду,}$$

где  $p$  — число пар полюсов;

$n$  — синхронное число оборотов (асинхронное — меньше на 2—5%).

Напряжения трехфазного тока 120, 220, 380, 500 вольт применяются для моторов от самых мелких (0,25 квт) до 760 квт, напряжения 3 000—6 000 вольт — для крупных моторов — от 200 квт и выше.

Моторы бывают: открытые, закрытые, с вентиляцией и защищенные от механических повреждений и капли.

Применение синхронных моторов выгодно при значительных мощностях, так как синхронные машины имеют обычно  $\cos \varphi \approx 1$ . При несколько увеличенной против потребной мощности или при недогрузке синхронные моторы могут отдавать в сеть опережающие токи, тогда как асинхронные всегда потребляют на сети запаздывающие токи, т. е. ухудшают  $\cos \varphi$  сети. За улучшение  $\cos \varphi$  выше 0,8 обычно устанавливаются скидки с тарифа.

## 2. Выбор типа двигателя для насосной станции (предварительные соображения)

Выбор двигателя зависит от тех энергетических ресурсов, которые имеются в районе расположения насосной станции. Поэтому при составлении схематического проекта необходимо произвести энергетическое обследование района согласно особой инструкции. Всякое насосно-силовое оборудование насосной станции должно быть надежно, технически целесообразно и экономически выгодно. Факторами, влияющими на выбор типа оборудования, являются как местные, так и общие условия: цены на топливо, бесперебойность снабжения, условия и стоимость их подвозки, размер капитальных и эксплуатационных расходов, наличие электроэнергии в районе и надежность ее получения, наличие квалифицированного обслуживающего персонала и т. д.

Выбор оборудования должен обосновываться конкретными технико-экономическими подсчетами и соображениями.

Энергооборудование насосных станций может быть: паровое, нефтемоторное, газогенераторное. Возможно применение ветряных двигателей. Для малых установок возможно применение гидравлического тарана и несложных двигателей.

При проектировании мелiorативных насосных станций должно быть учтено энергоснабжение объектов ирригационной системы на основе комплексного решения.

Заслуживает особого внимания постройка объединенной с насосной станцией тепловой электростанции с увязкой графика выработки электроэнергии для нужд сельского хозяйства и условий машинного водоподъема, учитывая сезонность последнего.

Для ориентировочного определения типа двигателя для насосной станции можно пользоваться следующей таблицей проф. М. М. Флоринского.

Таблица для выбора типа двигателя к центробежному насосу

Двигатель	Тип насоса и соединения	Решающие условия выбора	Где применяется
1. Локомотив с двойным расширением пара. Сельскохозяйственные локомотивы	Горизонтальный центробежный насос, пропеллерные насосы с ременной передачей	Большие колебания нагрузки, наличие местного топлива: каменный или бурый уголь, отходы топлива или отходы сельского хозяйства	Везде, где экономически выгодно, а особенно для механического подъема воды с колебаниями расходов и высоты подъема, благодаря возможности регулирования числа оборотов
2. Паровая турбина	Центробежный насос, пропеллерный, непосредственно соединяемый с турбиной	Мощная установка в несколько сотен или тысяч лощ. сил; нужна экономия места	Для питания котлов на ТЭЦ, для мощной водоподъемной станции городского водопровода, для водоподдачи в сеть с применением редуктора
3. Дизель-мотор 4-тактный или 2-тактный, бескомпрессорный	Центробежный насос, пропеллерный насос с ременной передачей или редуктором	Дешевая нефть, ее подвоз и снабжение обеспечены, экономия места, хороший технический надзор, надежный грунт под фундамент, однообразная нагрузка	В ирригации и осушении для механического подъема воды при отсутствии электроэнергии или при высокой ее стоимости и больших расходах воды. На крупных насосных станциях городского водопровода
4. Другие двигатели внутреннего сгорания, быстрого и медленного	Центробежный и пропеллерный насос с ременной передачей	Небольшая установка в десятки лощ. сил, работа с перерывами, снабжение нефтью, керосином, бензином обеспечено	Во временных водоснабжениях на строительстве, для временного орошения, для дождевания небольших орошаемых площадей, для водоснабжения колхозов, совхозов, поселков, в передвижных водоподъемных установках
5. Электродвигатель	Центробежный и пропеллерный насос, непосредственно соединяемый с двигателем или с ременной передачей редуктором	Наличие электрических станций и дешевого тока, нужна экономия места и небольшой штат служащих	Во всех случаях водоподъема; в ирригационных установках и циркуляционном водоснабжении силовых станций

Двигатель	Тип насоса и соединения	Решающие условия выбора	Где применяется
6. Еодяные турбины, вращающие генератор, энергия от которого передается электродвигателю, а от последнего насосу, или простые турбины — насосы	Центробежный и пропеллерный насос	Благоприятные условия для устройства гидростанции близ водоподъемной установки, перепады на каналах	В ирригации и осушении при механическом водоподъеме

### § 36. Передача энергии от двигателя к насосу

Механическая передача энергии от двигателя к насосу или компрессору осуществляется при помощи следующих родов соединений: 1) прямое соединение, 2) через муфту, 3) через зубчатые колеса, 4) через ременную передачу.

1. П р я м а я п е р е д а ч а представляет собой жесткую систему соединения поршня или вала двигателя с поршнем или валом насоса. Такого рода передача устраивается в поршневых прямодействующих насосах, например, в паровых насосах системы «Вортингтон», где передача состоит из штока, наглухо соединенного общим концом с поршнем паровой машины, а другим — с поршнем насоса.

2. С о е д и н е н и е ч е р е з м у ф т у осуществляется в том случае, когда ось насоса должна совпадать с осью двигателя. Для поглощения возникающих при работе ударов, муфты, соединяющие валы двигателя и насоса, устраиваются обычно упругими, что достигается вставкой кожаных или резиновых прокладок между болтом и втулкой. Кроме того, возможны и другие специальные конструкции упругих муфт, применяющихся в машиностроении (например, Гука, Леблана и др.).

Соединение при помощи муфты может быть произведено лишь в том случае, когда необходимое для насоса число оборотов совпадает с числом оборотов двигателя; при этом числа оборотов должны быть не случайные, а должны соответствовать нормальной, экономически обоснованной работе как насоса, так и двигателя. Соединение муфтой допускает неограниченную передачу мощности и не дает потерь на передачу.

3. З у б ч а т а я п е р е д а ч а применяется для передачи вращательного движения, когда вал двигателя не совпадает с валом насоса.

В зависимости от взаимного расположения валов зубчатые колеса делятся на: цилиндрические, конические и гиперболические (червячная передача).

Зубцы цилиндрических колес делаются: прямыми, косыми и угловыми (шевронными);

Оправдывает себя в экономически-эксплуатационном отношении применение зубчатых передач с шевронными шестернями (коэффициент передачи доходит до 0,97 и 0,98). Эти зубчатые колеса чувствительны к осевым усилиям. Устанавливаемые между редуктором и мотором или между насосом и редуктором муфты должны быть эластичными, чтобы уравнивать продольные сдвиги.

Включенный между насосом и двигателем внутреннего сгорания редуктор может подвергаться опасности поломки при коэффициенте неравномерности двигателя  $\frac{1}{1000}$ ; для предотвращения поломки необходимо включение эластичных муфт.

На рис. 350 изображен насосный агрегат с двумя ступенями зубчатой передачи (переключение с 1450/410 на 1450/210).

Передача при помощи муфты, зубчатых колес и т. п. является составной частью всего агрегата из насоса и двигателя и изготавливается самими заводами; в отличие от этих видов передачи, ременная передача проектируется вместе с насосной установкой, поэтому сведения о ней у проектировщиков насосных станций должны быть более подробные (см. «Ременные передачи, иностранные стандарты и нормы с приложением стандартов СССР», 1938 г. Сборник, составил Беляев).

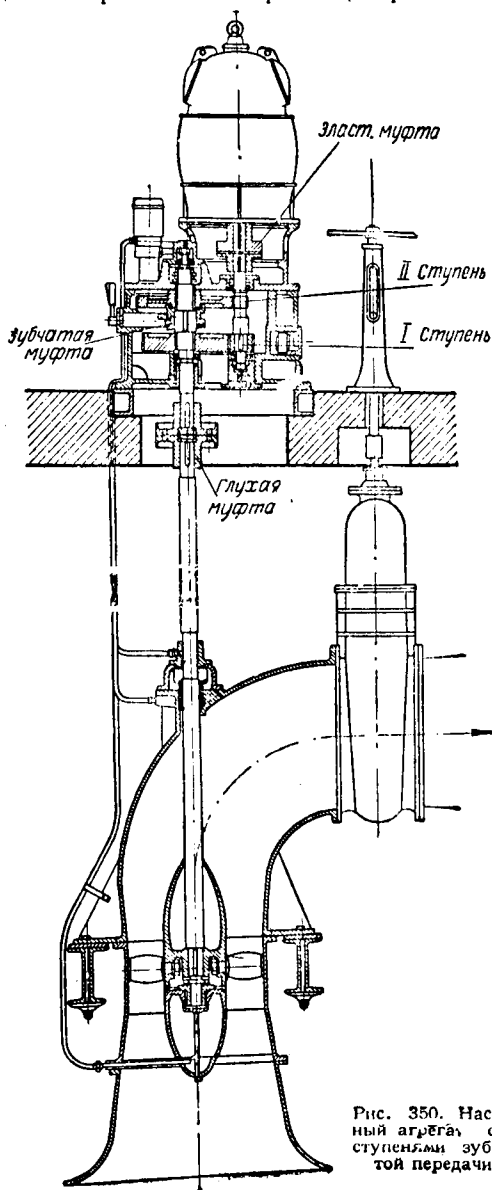


Рис. 350. Насосный агрегат с 2 ступенями зубчатой передачи.

## § 37. Ременная передача

### I. Виды ременной передачи

1. Открытая передача применяется между параллельно расположенными валами, вращающимися в одном направлении (рис. 351 фиг. 1). Ведущий конец ремня необходимо пускать вниз, а ведомый — сверху. Провисание ведомого конца ремня увеличивает угол

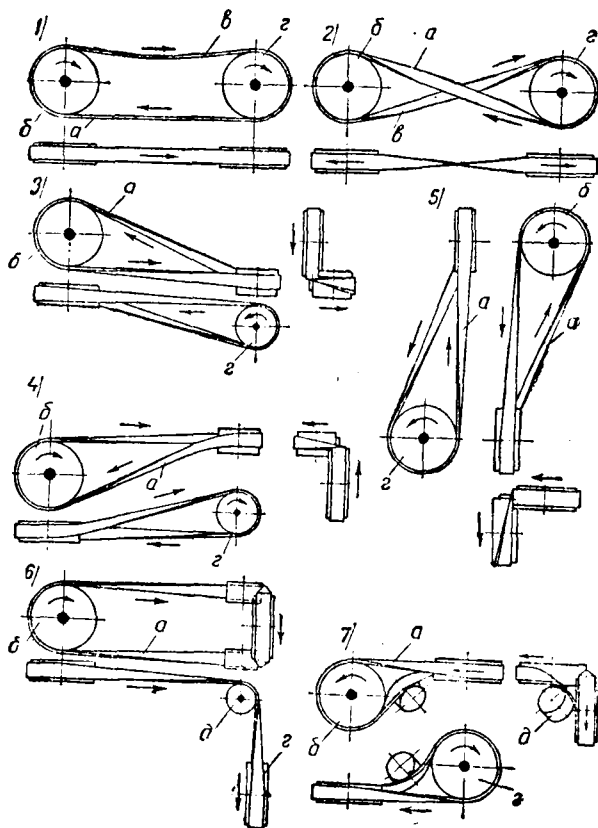


Рис. 351. Виды ременной передачи: *a* — ведущая ветвь; *б* — ведущий шкив; *в* — ведомая ветвь; *г* — ведомый шкив; *д* — натяжной ролик.

сбхвата и тем самым увеличивается передаваемая ремнем мощность. Передаточное число — не больше 5.

2. Перекрестная передача применяется между параллельными валами, вращающимися в разных направлениях (рис. 351, фиг. 2). Для быстрого хода и широких ремней перекрестная передача не допускается. Расстояние между валами берется больше 20-кратной ширины ремня, так как при малых расстояниях получается косой сход ремня,

что уменьшает эффект использования ремня. Передаточное число — не больше 6.

3. Полуперекрестная передача (рис. 351, фиг. 3—5). Набегающая ведущая часть ремня должна лежать в плоскости вращения ведущего шкива. Эта передача требует тщательного выполнения; она применяется при горизонтальном или вертикальном направлении передачи при значительных расстояниях между валами, расположенными

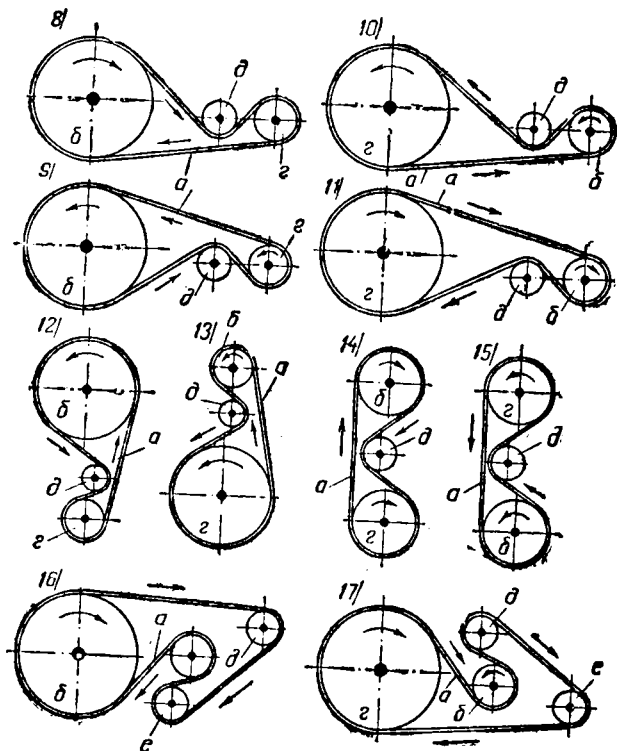


Рис. 352. Виды ременной передачи. Ременная передача с натяжным роликом: а — ведущая ветвь, б — ведущий шкив; в — ведомый шкив; г — натяжной ролик; д — направляющий ролик.

непараллельно. Ведомый шкив должен быть шире ведущего. Передаточное число — не больше 3.

4. Угловая передача с направляющим роликом (рис. 351, фиг. 6—7) применяется при перпендикулярных валах, лежащих в одной плоскости или в плоскостях параллельных, незначительно удаленных друг от друга. Небольшая скорость ремня. Передаточное число — не больше 4.

5. Ременная передача с натяжным роликом (рис. 352, фиг. 8—17) применяется там, где расстояние между валами небольшое или где оно, наоборот, весьма значительно. При вертикальной передаче также можно применять передачу с натяжным роликом. Натяж-

ной ролик позволяет применять ременные передачи с передаточным числом до 15—16. Натяжные ролики устанавливаются на ведомой части ремня. Коэффициент полезного действия ременной передачи с натяжным роликом — 0,94—0,96, в наилучших установках он достигает величины 0,98.

## II. Приводные ремни

В СССР изготавливаются следующие пять видов стандартных ремней: 1) кожаные, 2) прорезиненные, 3) хлопчатобумажные тканые, 4) хлопчатобумажные шитые, 5) шерстяные тканые.

Ввиду дефицитности кожи наибольшее распространение имеют ремни прорезиненные и текстильные (хлопчатобумажные и шерстяные).

Кожаный ремень согласно ОСТ 5772 представляет собой «чепрак ремневый растительного дубления». Кожаные ремни изготавливаются одинарные и двойные.

Прорезиненные ремни изготавливаются из нескольких слоев хлопчатобумажной ткани, связанных между собою вулканизированной массой каучука с примесями (ОСТ 689).

Хлопчатобумажные цельнотканые ремни изготавливаются из хлопчатобумажной пряжи в несколько слоев, пропитанной специальным составом, состоящим в основном из битума и озокерита (ОСТ 3155).

Хлопчатобумажные шитые ремни изготавливаются из нескольких слоев хлопчатобумажной ткани, называемой бельтингом; слои объединяются между собой посредством продольного прошивания крученой хлопчатобумажной нитью; шитые ремни пропитываются тем же составом, что и цельнотканые (ОСТ 3156).

Шерстяные тканые ремни состоят из нескольких слоев шерстяной ткани, пропитанной специальным составом железного сурика, затертого на искусственной или растительной олифе (ОСТ 3157).

## III. Типовой расчет передачи хлопчатобумажными ткаными ремнями

**1. Область применения.** Тканые хлопчатобумажные ремни применяются при небольших и средних мощностях; они пригодны для работы при переменной неравномерной нагрузке средней интенсивности; могут работать на шкивах сравнительно небольшого диаметра. При перекрестной передаче, при шкивах с ребордами, ступенчатых шкивах и при наличии отводок хлопчатобумажные тканые ремни довольно быстро изнашиваются, и потому в указанных условиях применения этих ремней следует избегать.

**2. Расчетные данные.** Для проектного расчета передачи должны быть известны:

$N$  — передаваемая мощность в лощ. силах,

$n_1$  — число оборотов ведущего шкива в минуту,

$n_2$  — число оборотов ведомого шкива в минуту,

$i$  — приблизительное межцентровое расстояние в метрах,

$D$  — диаметр одного из шкивов в метрах. Если ни один из диаметров не известен, то можно таковым задаться в соответствии с минимально рекомендуемыми диаметрами (п. 10), габаритными и другими соображениями.

**3. Диаметры шкивов.** Зная один диаметр  $D_1$ , другой находит по уравнению:

$$D_2 = i \cdot D_1,$$

где  $i = \frac{n_1}{n_2}$  — передаточное число;

$D_1$  — диаметр ведущего шкива в метрах;

$D_2$  — диаметр ведомого шкива в метрах.

**Примечание.** При выборе диаметров шкивов необходимо руководствоваться ОСТ 1655 на ременные шкивы, округляя, как правило,  $D_1$  до ближайшего большего, а  $D_2$  — до ближайшего меньшего значения.

**4. Угол обхвата.** Угол обхвата ремнем меньшего шкива может быть определен для открытой передачи по следующей приближенной (без учета провисания ремня) формуле:

$$\alpha = 180^\circ - \frac{57(D_{max} - D_{min})}{l}.$$

Рекомендуется не применять углов обхвата  $\alpha$  меньше  $150^\circ$ ; для увеличения этого угла следует удлинять межцентровое расстояние  $l$  или ставить натяжной ролик. Угол обхвата для передачи с роликом лучше всего определять графически по изображению передачи в масштабе.

**5. Натяжной ролик.** При применении натяжного ролика диаметр его  $D_0$  по возможности следует выбирать не меньше диаметра меньшего из шкивов. Помешать ролик следует на ведомой ветви так, чтобы угол обхвата его ремнем был не больше  $120^\circ$ , а центр ролика располагался от центра малого шкива на расстоянии:

$$\Delta \geq D_{min} + D_0.$$

**6. Ширина ремня.** Требуемая ширина ремня рассчитывается по формуле:

$$b = \frac{75N}{v \cdot p \cdot F \cdot k};$$

где  $v = \frac{\pi D \cdot n}{60}$  — скорость ремня в метрах в секунду;

$p$  — допустимое удельное окружное усилие в килограммах на  $1 \text{ см}^2$ . Значения  $F$  и  $k$  пояснены ниже.

**Примечание.** Ширина шкива  $B$  выбирается по ширине ремня  $b$  в соответствии с ОСТ 1655.

**7. Допускаемая нагрузка.** Усилие, передаваемое хлопчатобумажными ткаными ремнями на единицу ширины, равно:

при толщине  $\delta = 6,5 \text{ мм}$  (шестислойный)...  $p = 11 \text{ кг на } 1 \text{ см}$   
»  $\delta = 8,5 \text{ мм}$  (восьмислойный)...  $p = 14 \text{ » » } 1 \text{ »}$

Эти данные действительны для скоростей до 20 м в секунду. Для больших скоростей указанные нормы должны быть снижены:

при  $v = 20 - 25 \text{ м в секунду}$  на  $5\%$   
»  $v = 25 - 30 \text{ » » } 15\%$   
»  $v = 30 - 35 \text{ » » } 25\%$

К полученным нормам вводятся поправочные коэффициенты, указанные в следующих пунктах (8 и 9).

**8. Поправка на угол обхвата.** Нормы п. 7 относятся к углу обхвата  $\alpha = 180^\circ$ , при других углах вводится поправочный коэффициент ( $F$ );

*Таблица поправочных коэффициентов ( $F$ ) к допускаемой норме нагрузки в зависимости от изменения угла обхвата ( $\alpha$ )*

$\alpha$	$F$	$\alpha$	$F$
150	0,91	200	1,06
160	0,94	210	1,09
170	0,97	220	1,12
180	1,00	230	1,15
190	1,03	240	1,18

9. Поправка на режим работы. Нормы п. 7 действительны для спокойной и равномерной нагрузки; при ином режиме работы вводится поправочный коэффициент  $k =$  от 1,0 до 0,5, применительно к условиям, указанным в таблице:

Таблица поправочных коэффициентов к нормам нагрузки в зависимости от режима работы

Класс	Характер нагрузки	Тип машины	$k$
I	Легкая пусковая нагрузка. Нормальная рабочая нагрузка. Отсутствие толчков и вибраций	Небольшие вентиляторы и центробежные насосы, сверлильные, токарные и тому подобные станки, ленточные транспортеры и др.	1,0
II	Пусковая нагрузка до 125% нормальной. Незначительные колебания нагрузки.	Легкие трансмиссионные приводы, фрезерные станки, поршневые насосы и компрессоры с относительно тяжелым маховиком и др.	0,9
III	Пусковая нагрузка до 200% нормальной. Сильные колебания нагрузки.	Реверсивные приводы, строгальные, долбежные и тому подобные станки, поршневые насосы и компрессоры с относительно легким маховиком и др.	0,75
IV	Весьма неравномерная нагрузка. Ударная нагрузка. Очень тяжелые условия работы.	Подъемники, драги, жерновые мельницы, бегуны, глиномылки, молоты и др.	0,5

10. Минимальные диаметры шкивов. Для хлопчатобумажных тканых ремней возможно применение следующих минимальных диаметров шкивов:

Минимальные диаметры шкивов для применения тканых хлопчатобумажных ремней

Толщина ремня	Минимальный допустимый диаметр (в миллиметрах)	Рекомендуемый минимальный диаметр (в миллиметрах)
$b = 6,5$ (шестислойный) . . .	180	200
$b = 8,5$ (восьмислойный) . . .	280	320

Минимально допустимые диаметры можно применять лишь на второстепенных передачах.

Примечание. К второстепенным передачам относятся те, которые имеют небольшие скорости вращения ремня (до  $v = 10$  м в секунду).

#### IV. Типовой расчет передачи хлопчатобумажными шитыми ремнями

1. Область применения. Шитые хлопчатобумажные ремни применяются на малых, средних и относительно больших мощностях. Значительных колебаний нагрузки (по классу IV предыдущего расчета) не выдерживают

живают. При работах на малых диаметрах шкивов ремень быстро рас-  
слаивается. Эти ремни не рекомендуется применять при скоростях  $v > 30$  м  
в секунду, следует избегать постановки на ступенчатые шкивы и для ра-  
боты с отводкой.

Типовые расчеты и нормы совершенно одинаковы с  
предыдущими типовыми расчетами (III) тканых хлопчатобумажных рем-  
ней в пунктах 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9.

Отклонения от предыдущих норм и расчетов — в пунктах 7 и 10  
(см. ниже).

7. Допускаемая нагрузка. Усилие, передаваемое хлопчатобумажным  
шитым ремням на единицу ширины:

при толщине  $\delta = 5,6$  мм (четырёхслойный) . . .  $p = 10$  кг на 1 см  
 »   »     $\delta = 8,0$  » (шестислойный) . . .  $p = 14$  »   »   »  
 »   »     $\delta = 11,0$  » (восьмислойный) . . .  $p = 19$  »   »   »

Зависимость указанных норм от скоростей ремня ( $v$ ) та же, что и для  
тканых хлопчатобумажных ремней.

10. Минимальные диаметры шкивов указаны в следующей таблице

*Минимальные диаметры шкивов для применения шитых  
хлопчатобумажных ремней*

Число слоев (толщина ремня)	Минимальный до- пустимый диа- метр (в миллиме- трах)	Рекомендуемый минимальный диа- метр (в милли- метрах)
4 слоя ( $\delta = 5,6$ мм) . . . . .	250	280
6 слоев ( $\delta = 8,0$ мм) . . . . .	400	450
8 слоев ( $\delta = 11,0$ мм) . . . . .	630	710

По такому же методу делается расчет и прорезиненных хлопчато-  
бумажных ремней.

### V. Типовой расчет передачи шерстяными ткаными ремнями

1. Область применения. Применяются для средних и относительно  
большой мощностей; пригодны для работы с весьма неравномерной и даже  
ударной нагрузкой. Могут работать на шкивах сравнительно небольшого  
диаметра; рекомендуется применять для скоростей до 30 м в секунду;  
быстро изнашиваются от трения при перекрестной передаче, при шкивах  
с ребордами и т. п. Мало чувствительны к колебаниям влажности и тем-  
пературы.

Расчетные элементы одинаковы с предыдущими в пунк-  
тах 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9.

Отклонения от предыдущих норм — в пунктах 7 и 10 (см. ниже).

7. Допускаемая нагрузка на единицу ширины ремня:

$\delta = 6$  мм (трехслойный) . . . . .  $p = 8,5$  кг на 1 см.  
 $\delta = 9$  мм (четырёхслойный) . . . . .  $p = 12,5$  »   »   »  
 $\delta = 11$  мм (пятислойный) . . . . .  $p = 15$  »   »   »

Зависимость указанных норм от скоростей ремня ( $v$ ) та же, что и для  
хлопчатобумажных ремней.

10. Минимальные диаметры шкивов указаны в следующей таблице:

**Минимальные диаметры шкивов для применения шерстяных  
тканых ремней**

Толщина ремня (в миллиметрах)	Минимально допустимый диаметр (в миллиметрах)	Рекомендуемый минимальный диаметр (в миллиметрах)
$\delta = 6$ (трехслойный) . . . . .	160	180
$\delta = 9$ (четырёхслойный) . . . . .	280	320
$\delta = 11$ (пятислойный) . . . . .	400	450

**6. Стандартные диаметры шкивов и нормальные числа оборотов**

График (ОСТ 1657) (рис. 353) изображает зависимость между нормальными числами оборотов трансмиссий в минуту ( $n$ ) по ОСТ 1656, диаметрами шкивов в миллиметрах ( $d$ ) по ОСТ 1655 и окружными скоростями в метрах в секунду ( $v$ ).

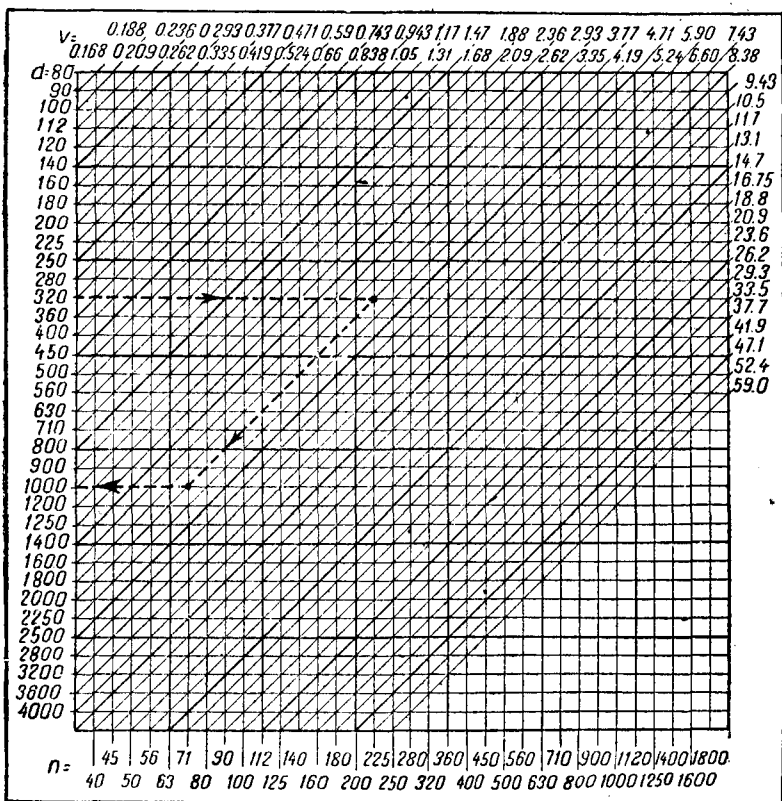


Рис. 353. График зависимости  $d$ ,  $v$ ,  $n$ .

Пример пользования графиком. Дано:  $d = 320$  мм,  $n = 225$ . Найти диаметр шкива для  $n = 71$ .

Пересечение горизонтали  $d = 320$  и вертикали  $n = 225$  дает точку на наклонной линии скорости  $v = 3,77$ ; пересечение этой линии ( $v$ ) с вертикалью  $n = 71$  дает горизонталь, показывающую  $d = 1000$ , что и требовалось найти.

### § 38. Определение напора и мощности насосной установки

Напор  $H$  проектируемой насосной установки определяют как сумму геодезической высоты подъема  $H_z$  (разность отметок уровней воды: высшего в напорном приемном бассейне и наименьшего — в источнике, из которого производится забор воды всасывающими трубами насосов) и  $h_w$  — величины потерь на гидравлические сопротивления во всасывающем и напорном трубопроводах:

$$H = H_z + h_w.$$

Величина  $h_w$  при проектировании определяется по общим правилам гидравлики в зависимости: от формы труб, их размеров, шероховатости (материала), скорости течения воды, характера местных сопротивлений (см. Павловский, «Гидравлический справочник», 1937 г. или «Справочник по гидротехнике и мелиорации», т. I, стр. 299).

Полезная мощность насоса определяется из формулы:

$$N = \frac{\gamma QH}{75} \text{ л. с.} = \frac{\gamma QH}{102} \text{ кВт,}$$

где  $\gamma$  — вес 1 м<sup>3</sup> воды = 1 000 кг;

$Q$  — секундный расход, подаваемый насосом в напорный трубопровод в кубических метрах в секунду;

$H$  — полный напор насоса в метрах (высота подъема плюс потери).

Потребляемая насосом мощность, т. е. та, которая должна быть передана от двигателя на вал насоса, определяется по формуле:

$$\begin{aligned} N_e &= \frac{\gamma QH}{75 \eta_n} \text{ л. с.} = \frac{\gamma QH}{102 \eta_n} \text{ кВт} = \\ &= 13,33 \frac{QH}{\eta_n} \text{ л. с.} = 9,804 \frac{QH}{\eta_n} \text{ кВт,} \end{aligned}$$

где  $\eta_n$  — коэффициент полезного действия насоса.

Мощность на валу двигателя подсчитывается по формуле:

$$N_{дв} = \frac{\gamma QH \cdot K}{75 \eta_n \cdot \eta_{пер}} \text{ л. с.} = \frac{\gamma QH \cdot K}{102 \eta_n \cdot \eta_{пер}} \text{ кВт,}$$

или для воды:

$$N_{дв} = 13,33 \frac{QH \cdot K}{\eta_n \cdot \eta_{пер}} \text{ л. с.} = 9,804 \frac{QH \cdot K}{\eta_n \cdot \eta_{пер}} \text{ кВт,}$$

где:  $K$  — коэффициент запаса в двигателях, принимаемый равным 1,05 для больших и до 1,5 в малых (до 5 кВт) двигателях;

$\eta_n$  — коэффициент полезного действия насоса;

$\eta_{пер}$  — коэффициент полезного действия передачи — ременной, зубчатой, редуктора и т. п.

## § 39. Коэффициент полезного действия насосной установки

Коэффициент полезного действия (к. п. д.) насосной установки определяется как отношение полезной мощности насоса к мощности  $N_0$ , которая представляет для электронасосных установок мощность на щите насосной станции, следовательно:

$$\eta_{н. уст} = \frac{N}{N_0};$$

иначе

$$\eta_{н. уст} = \eta_e \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_n;$$

где  $\eta_e$  — к. п. д., учитывающий потери в проводах от щита до электродвигателя;

$\eta_{дв}$  — к. п. д. двигателя;

$\eta_{пер}$  — к. п. д. передачи от двигателя к насосу;

$\eta_n$  — к. п. д. насоса.

Для насосной установки с двигателем внутреннего сгорания к. п. д. насосной установки определяется по вышеприведенной формуле, но при  $\eta_e = 1$ .

$$N_0 = \frac{B_r q}{632} \text{ л. с.};$$

где  $q$  — теплотворная способность топлива в кал/кг,

$B_r$  — количество топлива, в килограммах, сжигаемого в час;  $B_r$  при проектировании насосной станции определяется по формуле:

$$B_r = b_e^H N_e^H \cdot \chi + b_e^H (1 + \chi) N_e \text{ кг в час,}$$

где  $b_e^H$  — расход топлива в килограммах на 1 л. с. в час при нормальной нагрузке двигателя;

$N_e^H$  — нормальная мощность двигателя в лошадиных силах;

$\chi$  — коэффициент холостого хода;

$N_e$  — нагрузка двигателя в лошадиных силах.

Для насосной установки с паровой машиной в качестве двигателя, с учетом коэффициента полезного действия котла,  $\eta_{н. уст}$  определяется, как

$$\eta_{н. уст} = \eta_{кот} \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_n.$$

или

$$\eta_{н. уст} = \frac{N}{N_0},$$

где  $N_0 = \frac{B_r q}{632}$ ;

$B_r$  — количество топлива в килограммах, сжигаемого в час, при теплотворной способности  $q$  калорий в 1 кг.

Проектировщик и эксплуатационник насосной установки должны учитывать эффективность насосной установки в целом и стремиться к повышению коэффициентов полезного действия отдельных элементов насосной установки. Следует заметить, что ирригационная насосная станция с короткими трубопроводами преимущественно работает на статический напор  $H_c$ , (в отличие от многих водопроводных насосных станций, которые при длинных трубопроводах работают главным образом на гидравлические

сопротивления, так как в них  $h_w$  значительно больше чем  $H_2$ ); поэтому полезно ввести коэффициент  $\eta_{mp}$ , характеризующий потери на гидравлические сопротивления в трубопроводе, и дополнить им характеристику насосной установки:

$$\eta_{mp} = \frac{H_2}{H}.$$

Тогда более общей формулой характеристики насосной установки будет:

$$\eta'_{н. уст} = \eta_{mp} \cdot \eta_{н. уст}.$$

Введение коэффициента полезного действия трубопровода ( $\eta_{mp}$ ) дает более широкий диапазон для сравнения технико-экономических вариантов (места положения насосной станции, диаметров труб, количества напорных трубопроводов и т. д.).

## § 40. Приемная камера и всасывающие трубы насосов

На рис. 354 изображена типовая схема приемной камеры.

Размеры уширенной части подводящего к приемной камере канала можно определять, пользуясь методами, изложенными в томе I «Спра-

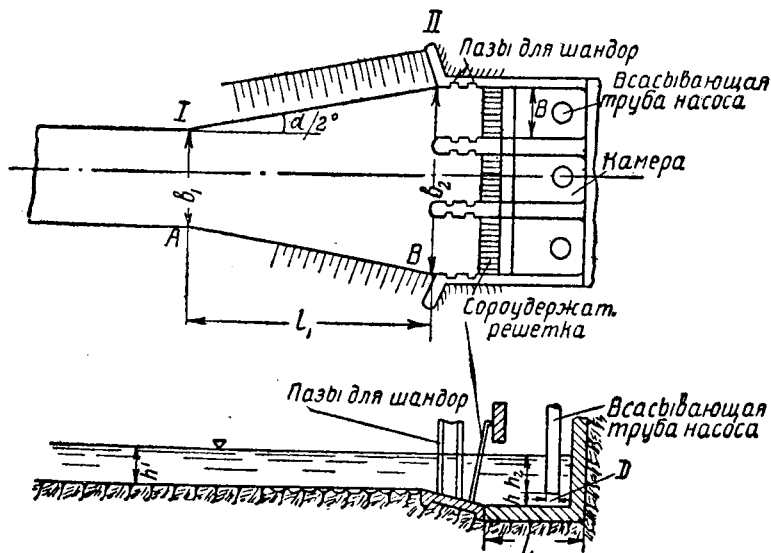


Рис. 354. Типовая схема приемной камеры.

вочника по гидротехнике и мелиорации», стр. 451 (изд. 1934 г.). Приемная камера отделяется от уширенной части канала шандорами, служащими для выключения и опорожнения камеры. Шандоры дают возможность забирать воду с верхних слоев канала, т. е. воду, более осветленную, благодаря отстаиванию перед шандорами; кроме того, при этом ослабляется возможность образования воронок в приемной камере. Сороудержательная решетка служит для предохранения от попадания во всасывающие

трубы плавающих в воде предметов. Гидравлический расчет решетки производится по общим правилам гидравлики (см. Павловский, «Гидравлический справочник». 1937 г., стр. 295).

Размеры камеры для вертикальных всасывающих труб насосов можно определять так.

Ширина камеры ( $B$ ) равна:

$$B = \pi D_{ex};$$

где  $\pi = 3,14$ ;  $D_{ex}$  — диаметр входного отверстия всасывающей трубы.

Расстояние от входного сечения всасывающей трубы до дна камеры ( $h_1$ ) равно от 0,7 до 0,8  $D_{ex}$ .

Обозначая объем воды в камере через  $V$  и вводя коэффициент секундного водообмена  $k$ , имеем:

$$k = \frac{V}{Q} = \text{от } 11 \text{ до } 14.$$

При глубине воды в камере  $h$  высота ( $h-h_1$ ) над входным отверстием определяется условиями кавитации — для пропеллерного насоса и отсутствия коронок — для всасывающих труб, центробежных насосов.

По данным заграничных каталогов, для диаметров от 400 мм и выше  $h-h_1 \leq 0,6 D_{ex}$ .

Длина камеры ( $l$ ) определяется из уравнения:

$$V = Bh l.$$

Рациональной формой подводной камеры, по опытным данным для прямого водозабора, является задняя стенка полукруглой формы с радиусом  $R = \frac{B}{2}$  с центром на оси трубы насоса.

Для повышения эффективности насоса (большой производительности) при ограниченных размерах камеры в каждой камере, как правило, помещается один насос или одна всасывающая труба. Лишь в отдельных случаях можно поместить две трубы (два насоса), но при условии представления опытно-экспериментального материала, определяющего размеры камеры и подтверждающего незначительность влияния водозабора на работу насосов.

При соединении камеры насосной станции с водоприемником самотечной штольной (каналом и пр.) в приемной камере насосной станции при внезапной остановке насоса может повыситься уровень воды от действия инерционных сил. Определение максимального подъема воды ( $X_m$ ), отнесенного к потере напора в водоподводящем канале, можно производить по формуле инж. Лоттер:

$$X_m = \sqrt{E + \left(\frac{1+E}{2+3E}\right)^2} - \frac{1+2E}{2+3E};$$

где  $E$  — коэффициент инертности, определяемый по формуле:

$$E = \frac{L \cdot f (v_1^2 - v_2^2)}{g h_w^2} \cdot \frac{1}{F};$$

$L$  — длина подводной штольной в метрах;

$f$  — площадь поперечного сечения подводного канала в квадратных метрах;

$g$  — ускорение силы тяжести (9,81 м/сек<sup>2</sup>);

$v_1$  — скорость воды в штольне в метрах в секунду при нормальной работе насоса;

$v_2$  — скорость воды в метрах в секунду при внезапном уменьшении расхода насоса (при полной остановке насоса  $v_2=0$ );

$F$  — площадь сечения камеры в квадратных метрах;

$h_w$  — потеря напора в подводящей штольне при нормальной скорости (в метрах).

Ввиду незначительного колебания горизонта воды в приемном колоде при пуске насоса можно пренебречь влиянием инерционных сил.

В «водопроводном» типе насосной станции при расположении ее вдоль канала (боковой водозабор) вертикальные всасывающие трубы следует располагать ближе к подпорной стенке канала (или откоса канала); при нескольких трубах их следует располагать на таком расстоянии, при котором не будет наблюдаться влияние одной трубы на другую. Погружение трубы и расстояние ее от дна следует принимать аналогично тем положениям, которые были рекомендованы для камеры. При постановке одного насоса следует располагать ось всасывающей трубы на одной линии с осью подводящего канала. Площадь входного отверстия во всасывающей трубе следует определять из условия, чтобы скорость входа была не больше 0,7 м в секунду.

Подвод воды к насосу для мелиоративной насосной станции блочного типа осуществляется трубой, форма которой должна соответствовать типу насоса. Габариты и сечения трубы даются заводами-изготовителями по представлении проектировщиками схемы насосной станции\*.

Трубы, подводящие воду к насосу, в насосной станции блочного типа составляют неотъемлемую часть железобетонного блока подземной части станции. Каждый агрегат имеет свою трубу. Со стороны водозабора должно быть предусмотрено устройство, выключающее трубу (например, шандоры в бычках, шиты и пр.).

В насосных станциях «водопроводного» типа всасывающие трубы делаются обычно постоянного сечения (за исключением входа в трубу и подвода к насосу). Диаметр всасывающих труб подбирается из условия, чтобы скорость не превышала 1,25 м в секунду; при аварийных случаях, когда два или несколько агрегатов питаются одной всасывающей трубой, расчетная скорость воды всасывающей трубы устанавливается не свыше 1,5 м в секунду. Как правило, каждый насос должен иметь отдельную всасывающую трубу.

Всасывающую трубу рекомендуется делать возможно короче (во избежание потерь на гидравлические сопротивления) и с некоторым подъемом к насосу ( $i \leq 0,01$ ), чтобы в трубе не скопился воздух.

Всасывающая труба не должна иметь перегибов вверх, так как последние способствуют образованию воздушных мешков.

При переходе с большего диаметра на меньший рекомендуется устраивать косой переход взамен прямого.

Стыки всасывающего трубопровода должны быть непроницаемы для воздуха; рекомендуется делать фланцевые стыки или сварной трубопровод.

При отрицательной высоте всасывания и при необходимости отклонения всасывающего трубопровода на последнем устанавливаются задвижки, имеющие резервуарчики с водой под салниками, чтобы последние при высыхании не пропускали воздуха. Задвижки на всасывающем трубопроводе лучше ставить горизонтально, а не вертикально, во избежание скопления воздуха в верхней части задвижки.

\* В схематическом проекте насосной станции допускается построение формы труб по методу, изложенному в книге проф. М. Я. Чернышева «Мелиоративные насосные станции», Сельхозгиз, 1933 г., стр. 116, рис. 92.

## § 41. Напорные трубопроводы и их арматура

Напорные трубопроводы в ирригационных насосных станциях (характеризующихся большими расходами воды) планируются в основном по тому же принципу, как у больших насосных станций для целей водоснабжения. Вопрос о напорных трубах внутри здания насосной станции должен быть решен на основе экономических соображений; при этом трубы могут быть проложены: 1) под полом станции, 2) внутри здания станции, 3) по верху насосной станции. Необходимо учитывать недостатки расположения трубопровода внутри насосной станции: затрудняется передвижение внутри станции, происходит потение труб, возникает возможность затопления насосной станции при аварии трубопровода и т. п.

В целях уменьшения потерь на гидравлические сопротивления в трубопроводах необходимо учитывать экономически-эксплуатационный диаметр труб внутри здания станции. Величина диаметра при этом соответствует скорости движения воды, равной около 1 м в секунду.

С уменьшением диаметра трубопровода 1) уменьшаются диаметры задвижек, затворов, 2) ускоряется закрывание задвижек; но при этом скорость воды в трубопроводе увеличивается до 2—5 м в секунду, отчего увеличивается: а) гидравлические сопротивления в трубопроводе, б) изнашиваемость труб от нефилътрированной воды.

Окончательное решение вопроса о диаметре напорного трубопровода внутри насосной станции решается технико-экономическими соображениями.

В ирригационной насосной станции (с большими расходами воды) соединения трубопроводов и переключения удобнее производить вне здания станции, благодаря чему уменьшаются размеры насосной станции. Так как насосная станция работает преимущественно летом, то ее эксплуатация при этом не усложняется.

При проектировании необходимо стремиться к тому, чтобы вес труб не передавался на насос, особенно при боковых патрубках, дабы не было перекоса.

Трубы должны опираться на особые опоры, кронштейны. Температурные напряжения выводов не должны передаваться на насос. Необходимо предусматривать постановку компенсаторов, устраивать резиновые стыки или стык Жибо.

В насосной станции небольшой и средней производительности (например, с диаметром труб до 400 мм) ставятся в последовательном порядке от насоса на напорном трубопроводе: водомер (обычно системы Вольмана), обратный клапан и задвижка. Наиболее близкий к действительности результат в показаниях водомера будет, по опытам проф. Сурина, давать постановка водомеров Вольмана в вертикальном отрезке трубы при движении воды снизу вверх. При установке водомера Вольмана, в случае отсутствия в нем струнаправителя, перед водомером должен быть прямой участок трубы длиной не менее 10 диаметров трубы (в крайнем случае не менее 1 м); за водомером необходимо иметь участок трубы в 0,5—1,5 м.

Для обычных водопроводных насосных станций, для ответственных целей водоснабжения при проектировании трассы напорных трубопроводов внутри насосной станции необходимо предусмотреть следующие условия работы:

1) допускать выделение любого насоса, задвижки и участка трубопровода без ослабления подачи воды;

2) допускать подачу воды любым насосом в любой водовод или по крайней мере допускать возможно большую гибкость в этом отношении;

3) допускать быстрое оперирование задвижками; особенно в случае аварии;

4) обеспечить надежные и дублированные соединения для водоснабжения насосной станции.

При больших трубопроводах ( $d > 400$  мм) в практике ирригационных насосных станций следует ставить водомеры Вентури (рис. 355) или вставки Вентури. Эти водомеры конструируются так, чтобы переход давления ( $h$ ) в конически сходящемся конусе был равен 2—6 м, а потери на гидравлические сопротивления ( $h_{\text{гп}}$ ) были не больше 0,1—0,2 м. Водомер Вентури выносится из здания насосной станции.

Область учета водомеров характеризуется отношением наименьшего количества воды к наибольшему ее количеству, проходящему через водомер, при котором сохраняется требуемая точность учета.

При разнице давления водяного столба (в метрах) . . . . .	1	2	3	6
Область учета водомера Вентури равна (приблизительно) отношению . . . . .	1:5	1:7	1:9	1:13

Водомер Вентури имеет преимущество перед водомером Вольтама: внутри трубы первого нет никаких частей и механизмов, и поэтому в нем меньше теряется напора на гидравлические сопротивления, и он не боится засорения.

Недостатки водомера Вентури: сравнительно небольшая область учета, значительная длина регистрирующих приборов и большой расход ртути (до 7 кг на один прибор). Выбор водомеров производится по каталогам заводов-изготовителей.

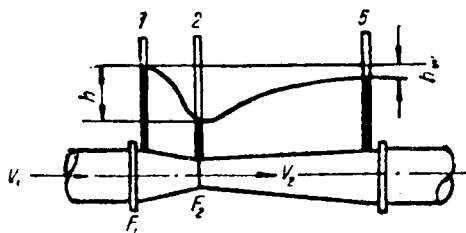


Рис. 355. Схема водомера Вентури.

Очень часто в практике ирригационных насосных станций измерение расхода производится в протарированном участке машинного канала путем постановки самозаписывающего указателя уровня.

В качестве водомера можно применять и конические переходы, если область учета их соответствует эксплуатационным условиям работы насосной станции.

Применяемые на насосной станции задвижки могут быть: с ручным приводом, с гидравлическим приводом, непосредственно соединенные с электромотором. При больших диаметрах и напорах (15—45 м) может быть дроссельный затвор, а при больших напорах — затвор Джонсона и т. д. При больших диаметрах труб задвижки затвора иногда ставятся в особое помещение при насосной станции, называемое камерой задвижек. В случае коротких трубопроводов и работы насоса при постоянном  $Q$  и  $H$  можно не ставить задвижек (например, насосные станции канала Волга—Москва, проект насосной станции 3-й перекачки Энгельсской оросительной системы).

В последнем случае необходимо предусмотреть мероприятия по выключению трубопровода со стороны напорной части в виде установки автоматических затворов, щитов, клапанов на выходной части напорного трубопровода и т. д.

## § 42. Определение экономического диаметра напорных водоводов

При определении экономического диаметра напорного трубопровода необходимо по графику водоподачи определить величину приведенного расхода по формуле:

$$q_{cp} = \sqrt[3]{\frac{\sum q^3 \cdot \Delta t}{\sum \Delta t}},$$

где  $q$  — расход, соответствующий периоду его  $\Delta t$ .

Экономический диаметр рассчитывается по методу определения минимума эксплуатационных расходов на оплату энергии и амортизацию (капитальных вложений)\*. Для предварительных подсчетов можно пользоваться формулой инж. В. Г. Лобачева:

$$d_{эк} = kQ^{0,41},$$

где  $Q$  — расход в кубических метрах в секунду;

$d_{эк}$  — экономический диаметр в метрах;

$k$  — коэффициент.

Можно принять для железобетонных труб  $k=1$ , для металлических  $k=1-1,2$ .

Проектирование напорных трубопроводов можно производить по стандартам, нормам и техническим условиям Гидроэнергoproекта.

## § 43. Определение эксплуатационных показателей работы насосной станции

Средний расход насоса определяется по формуле:

$$Q_{cp. взв} = \frac{\sum(Qt)}{\sum t},$$

где  $Q$  — расход, соответствующий определенному времени;

$\sum t$  — время работы насоса за поливной период.

Средний напор насоса определяется по формуле:

$$H_{cp. взв} = \frac{\sum(Ht)}{\sum t}.$$

Величина  $H$  определяется как сумма геодезической высоты и потерь на гидравлические сопротивления в трубопроводах. Предварительно расход насоса определяется графиком водоподачи и числом агрегатов насосной станции; при этом следует стремиться к одинаковым и однотипным агрегатам, подбирать насосы, соответствующие номенклатуре завода-изготовителя. Рекомендуется ставить не меньше двух агрегатов. При большом числе агрегатов следует предусматривать резерв не свыше 25—35% от общей производительности насосной станции. Окончательный выбор числа агрегатов определяется путем сравнения стоимости эксплуатационных расходов насосных станций с различным числом агрегатов; кроме того, выбранное число агрегатов должно соответствовать удобному маневрированию работы насосной станции и полной обеспеченности водоподачи.

При многоступенчатой водоподаче должен быть составлен водохозяйственный расчет работы подводящих каналов и насосных станций.

\* См. Чернышев, «Мелиоративные насосные станции», 1933 г., стр. 161—166.

Кроме стоимости 1 м<sup>3</sup> поднятой воды (на 1 м высоты) и кроме эксплуатационных расходов на 1 га орошаемой площади, для определения эксплуатационных показателей работы насосной станции полезно определить еще эксплуатационные коэффициенты. Пусть нормальная мощность станции равна  $N_n$ ; определяем ее среднюю рабочую мощность:

$$N_{cp} = \frac{A}{t},$$

где  $A$  — произведенная работа в лошадиных силочасах за год,  
 $t$  — число часов работы за год.

Далее будем иметь:

коэффициент рабочего времени:

$$k_{p. \text{вр}} = \frac{t}{8760};$$

коэффициент нагрузки:

$$k_{нагр} = \frac{N_{cp}}{N_n};$$

коэффициент эксплуатации:

$$k_z = k_{p. \text{вр}} \cdot k_{нагр}.$$

#### § 44. Перекачивательные насосные станции

Перекачивательная насосная станция служит для перекачки сбросных вод в водоприемник. На рис. 342 (стр. 709) дана схема расположения сооружений перекачивательной станции. Число агрегатов выбирают согласно методическим указаниям, относящимся к проектированию ирригационных насосных станций при допущении неодинаковых агрегатов. Особенность этого вида насосных станций заключается в том, что они обычно имеют бассейн перед насосной станцией для обеспечения возможности периодической работы насосов. Если бассейн соорудить нельзя, то необходимо предусмотреть возможность использования запасной емкости коллектора или канала, подводящего воду к насосной станции. При наличии электроэнергии необходимо предусмотреть автоматизацию пуска и остановки насосов.

Для неавтоматической насосной станции, обозначая период наполнения и опорожнения бассейна через  $t$  (минут), производительность насоса через  $Q$  (кубометров в минуту), объем бассейна определяют по формуле:

$$V = \frac{Qt}{4};$$

при допущении, что приток

$$Q_0 = \frac{Q}{2}.$$

При автоматической насосной станции емкость бассейна:

$$V = \frac{Qn}{4k},$$

где  $Q$  — расход в определенный промежуток времени работы насоса в кубических метрах;

$n$  — число работающих насосов;

$k$  — число включений насоса в период  $t$ .

## § 45. Выбор типа насосной станции и насосов

При проектировании насосных станций проектировщику необходимо выбрать схему расположения гидротехнических сооружений для машинного водоподъема, а также выбрать тип насосной станции. При большой производительности наилучшее решение даст вертикальный насос, соединенный непосредственно с электродвигателем (а через редуктор — и с двигателем внутреннего сгорания) и электромотором повышенной быстроходности.

Установка вертикального насоса имеет ряд преимуществ по сравнению с установкой горизонтального. Благодаря тому что насосное помещение занимает обычно нижний этаж, а моторы помещаются в верхнем этаже, получается экономия в полезной площади насосной станции. Электродвигатели помещаются в сухом, хорошо вентилируемом помещении. Напорные трубопроводы помещаются в насосном помещении и при аварии их избегается затопление электрооборудования.

С другой стороны, установка с горизонтальными насосами и двигателями дает преимущества при эксплуатации насосной установки, так как насосы и двигатели помещаются внутри здания насосной станции и легко доступны для осмотра как во время работы, так и при авариях. При горизонтальном насосе и «водопроводном» типе насосной станции здание насосной станции заглубления не требует, хотя оно и большего размера, чем при вертикальном типе насоса. Фундамент под машины отделяется от здания станции и располагается на более прочных грунтах; кроме того, здание может быть облегченного типа.

При автоматическом управлении насосной станцией преимущества в эксплуатации горизонтального типа насоса перед вертикальным не являются существенными.

Окончательный выбор типа насоса (горизонтального или вертикального) определяется технико-экономическими соображениями.

*При водозаборе из рек с большим колебанием горизонта воды* (порядка 10—20 м) возможны следующие типы насосной станции на большие производительности:

- 1) блочный тип с вертикальными насосами; водоприемное сооружение отделено от здания насосной станции штольной;
- 2) блочный тип насосной станции, объединенной с водоприемником в одно сооружение;
- 3) пловучая насосная станция;
- 4) камерный тип насосной станции, объединенной с водоприемником или отделенной от водоприемника штольной.

Если вода из реки подводится к насосной станции открытым каналом, то станция может быть блочного, камерного типа или пловучая. Подведение воды открытым каналом возможно при условии незаиления канала (т. е. при небольших эксплуатационных расходах на его очистку), при отсутствии значительных грунтовых вод и оползней. В этом случае достигается уменьшение длины напорного трубопровода, удобное сообщение с насосной станцией и облегченная подводка электроэнергии к насосной станции.

*При незначительных колебаниях уровня воды в реке* вода к насосной станции подводится каналом или насосная станция устраивается на берегу. Возможные типы насосной станции: блочный, камерный и «водопроводный». Решающим фактором схемы узла сооружений машинного водоподъема является выбор места расположения насосной станции. При насосной станции 2-го подъема и выше (при водозаборе из канала с небольшими колебаниями горизонтов) наиболее рациональное (в отношении водозабора) решение вопроса получается при расположении насосной

станции перпендикулярно к оси подводящего канала (при тупиковом канале). На канале возможны все три конструктивных типа насосной станции. При транзитном расходе воды в канале допустима насосная станция любого типа; при этом она может быть поставлена или вдоль транзитного канала с непосредственным водозабором, или на отдельном канале, отводящем воду от главного канала.

При водохранилище, как источнике орошения, насосную станцию можно поместить вне зоны затопления в стороне от водохранилища; вода в этом случае подводится к насосной станции каналом. Насосную станцию можно расположить и за плотиной, используя донный водоспуск к-к напорную штольню для подвода воды к станции. Наконец, можно расположить насосную станцию и в зоне подтопления около плотины. В зависимости от расположения тип насосной станции при водохранилище будет аналогичен типам, применяемым при речном и канальном водозаборе. Выбор того или иного варианта расположения узла сооружений для всех рассмотренных случаев зависит от естественно-исторических условий места и определяется на основе сравнения технико-экономических вариантов с учетом условий работы аналогичных сооружений, находящихся в данный момент в эксплуатации.

Для расходов воды, соответствующих по величине обычным для условий городского и промышленного водоснабжения, ирригационный узел машинного водоподъема проектируется по аналогичным схемам водоснабжения и утвержденным для них нормам. Следует учитывать обычную сезонную работу насосной станции для ирригации. Повышая эффективность насосной установки, необходимо стремиться к удешевлению капитальных вложений.

Типы насосных станций с пропеллерными насосами таковы:

- 1) блочный с вертикальным насосом;
- 2) камерный с мокрой камерой и затопленным вертикальным насосом;
- 3) камерный с сухой камерой и горизонтальным насосом (может быть применен и вертикальный насос, но из-за условий подвода воды наилучшее решение дает блочный тип с всасывающей трубой переменного сечения);
- 4) в особых случаях (например, при расположении отметки оси насоса выше отметки верхнего бьефа) применима сифонная установка.

При напорах свыше 12 м тип насоса, а следовательно, и тип станции, определяется допустимой величиной коэффициента быстроходности  $n_s$ , соответствующей данному  $H$ , и высотой всасывания  $H_s$ , определяемой из условий кавитации.

Здание насосной станции и распределительных устройств проектируется по соответствующим нормам гидротехнических сооружений и зданий. Пловучие насосные станции проектируются на основе норм регистра Наркомвода СССР.

## § 46. Примеры оросительных насосных станций

1. На рис. 356 изображена насосная станция для перекачки воды из водохранилища в оросительный канал. На станции расположены две группы насосов: 1) четыре пропеллерных горизонтальных насоса с производительностью каждого  $Q = 2,25 \text{ м}^3$  в секунду и  $H = \text{до } 4,85 \text{ м}$ ; насосы соединены непосредственно с электродвигателем; 2) два циркуляционных насоса производительностью каждый  $0,8 \text{ м}^3$  в секунду с колебаниями напоров от 10,15 до 17 м. Циркуляционные насосы подают воду через напорный трубопровод в другой оросительный канал.



вертикального типа помещаются в бетонных камерах. Бычки, разделяющие насосные камеры, имеют толщину 1,5 м; они армированы и продолжены в сторону подводящего канала на 7 м; бычки образуют между собой подводящую камеру, в которой расположены металлические шандоры, вертикальные решетки и щитовые затворы. Над подводящими камерами расположены служебные мостики для управления. Насосные камеры имеют железо-бетонные перекрытия, служащие полом для верхнего этажа — электромашинного зала. К внешним стенкам крайних приемных камер примыкают береговые бетонные подпорные стенки, образуя таким образом береговые устои машинного здания. При выборе расположения приемных насосных камер, шандор и др. предусмотрено предохранение насосных камер от засорения. Для уменьшения потерь

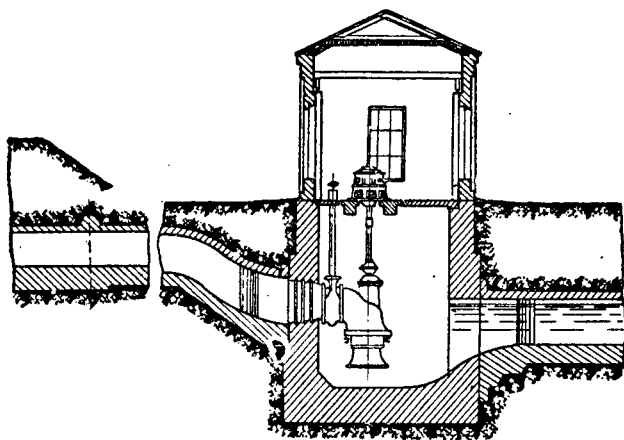


Рис. 357. Насосная станция с затопленным вертикальным пропеллерным насосом.

напора по длине (10 м) от подводящего канала до всасывающих патрубков насоса скорости приняты равными 1 м в секунду. Предусмотрена возможность ремонта и осмотра насоса на месте; для борьбы с наносами перед решеткой установлены шандоры.

При входе в насосные камеры установлены двойные щиты Стоinea для изоляции этих камер при ремонте.

Каждый насос имеет задвижки.

Все напорные трубопроводы от насосов соединяются общим трубопроводом, от которого идут два напорных водовода в приемный бассейн. Поставлены воздушные клапаны и дроссельные затворы (клапаны).

Дроссельный клапан поворотный, служит для пуска в ход и выключения.

Клапан имеет ручное управление. Он должен автоматически закрываться при внезапном прекращении электроэнергии, чтобы предотвратить обратный ток воды. Путем ручного прикрывания клапана можно также регулировать подачу. При перерыве тока клапан автоматическим действием сервомотора, работающего маслом под давлением, закрывается приблизительно в 15 секунд; при этом увеличение давления для труб неопасно. Таких клапанов два — в начале и конце напорного водовода. Резервный насос подключается при помощи вилкообразной системы

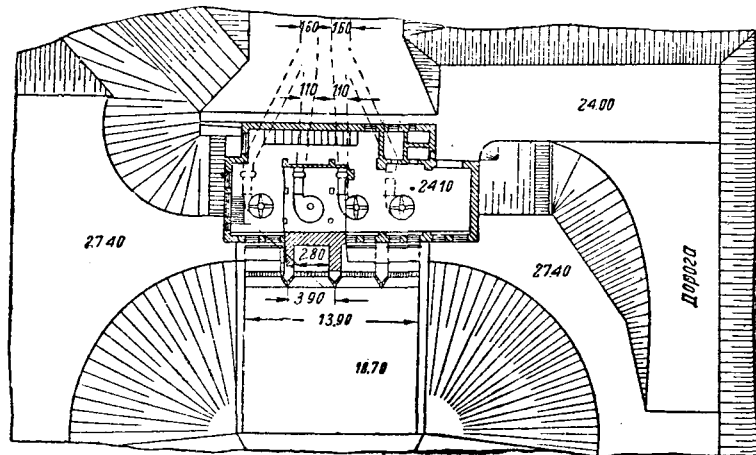
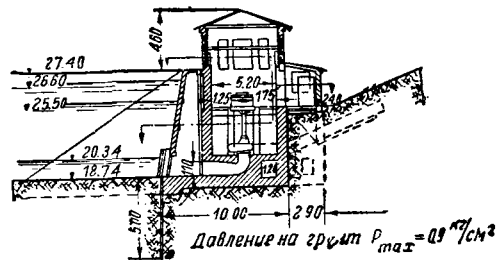
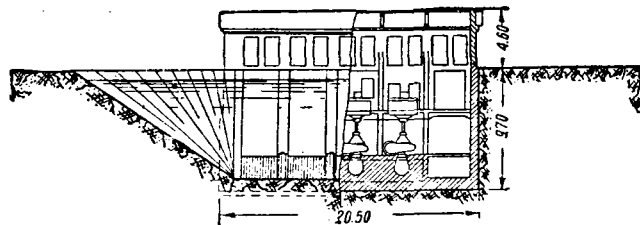


Рис. 358. Насосная станция с вертикальным консольным насосом.

труб к обоим водоводам; на вилке имеются две задвижки ( $d=1\ 000$  мм), служащие для переключения насоса на любой водовод. Задвижка имеет привод от электромотора постоянного тока (110 в) с последовательным возбуждением.  $N=3,4$  л. с.,  $n=900$ .

Пуск в ход этого мотора производится с пульта, устанавливаемого около мотора.

Пульт оборудован рубильником-переключателем (движение задвижки вверх или вниз), пусковым реостатом, автоматически вводимым в цепь мотора и автоматически выводимым первыми оборотами мотора, указателем положения задвижки в виде круглого прибора со стрелкой и шкалой.

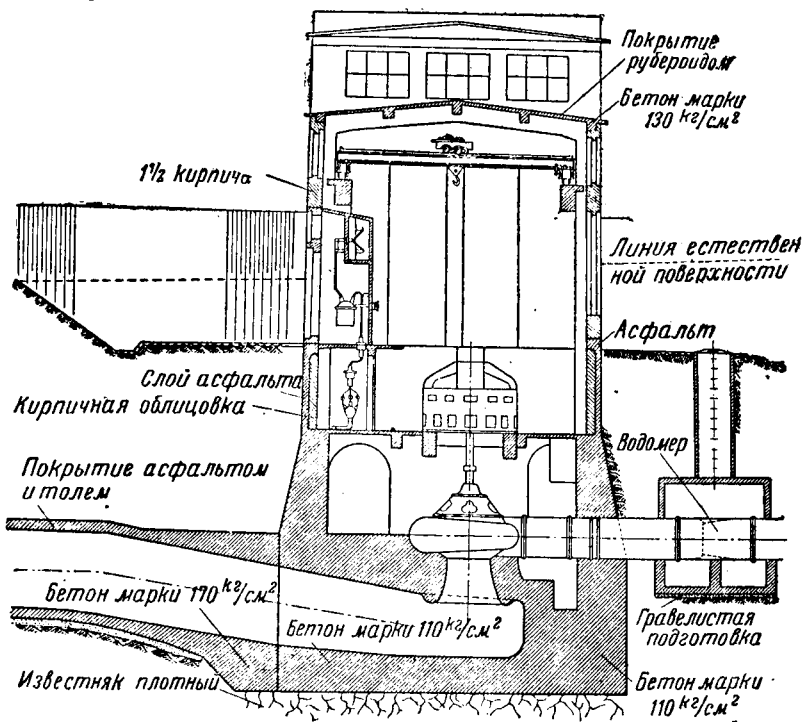


Рис. 359. Насосная станция с затопленным вертикальным насосом.

Для опоражнивания приемных камер имеется вспомогательный центробежный насос (на рисунке не показан) и система трубопроводов для всех камер.

Для опоражнивания водоводов, а также для облегчения работы с дросселем при пуске насоса в ход в металлическом конусе напорной трубы, расположенной за клапаном, имеется трубопровод с задвижкой, соединяющей напорную трубу с насосной камерой в обход дросселя и насоса. На водоводах установлены водомеры Вентури для учета воды.



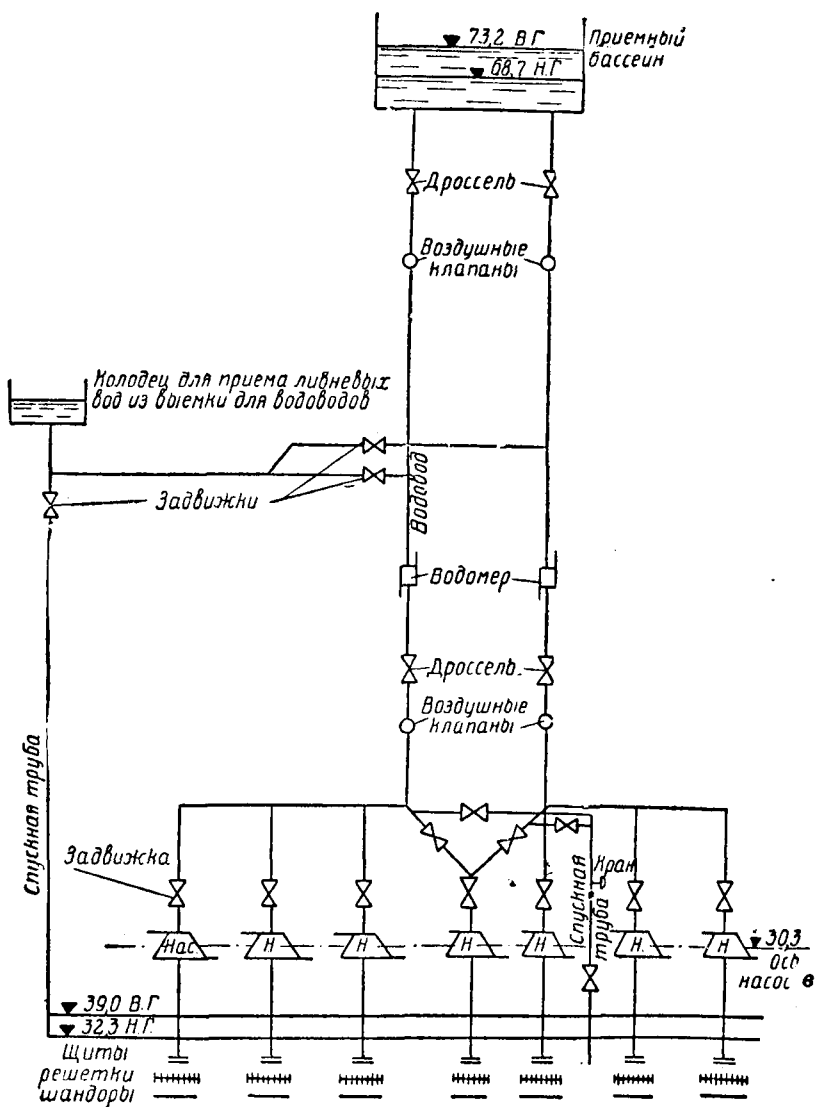


Рис. 361. Схема крупной насосной станции.

На рис. 362 представлена схема насосной станции ирригационного типа для небольшой производительности каждого насоса;  $Q = 250$  л в секунду,  $H = 12-14$  м, насосы циркуляционные (НЦ-16) завода им. Калинина. Установлены задвижка насоса и обратный клапан на конце

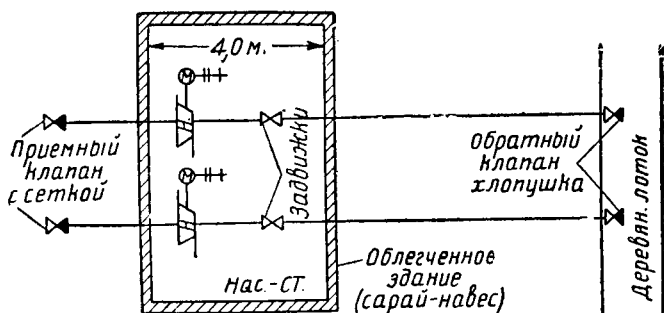


Рис. 362. Схема ирригационной насосной станции небольшой производительности.

трубопровода; водомер отсутствует; вместо него протарирован участок лотка, установлена рейка, регистрирующая уровень воды в лотке. Для опоражнивания водовода запроектирован отвод в приемную камеру всасывающей трубы.

Вместо водомерных реек можно (при той же схеме) поставить водомеры Вольмана на нагнетательных трубопроводах.

## § 47. Осушительные насосные станции

### 1. Классификация

Схема насосной станции изображена на рис. 342 (стр. 709), где обозначены: осушительный магистральный канал (1), открытый сбросной резервуар (2) перед насосной станцией (3), от которой через дамбу в водоприемник идет напорный трубопровод (6, 7). При высокой воде в магистральном канале иногда бывает возможно самотеком сбросить воду через трубу или канал (5) в водоприемник. На сбросном канале находится шлюз-регулятор (4). Представленная схема изображает общий случай осушительной насосной установки. Возможны отклонения от этого случая; так, например, станция (3) может помещаться в дамбе (7). Если уровень воды в водоприемнике всегда выше уровня в резервуаре (2), то шлюз (4) и сбросной канал (5) не делаются.

Проф. Шульце-Пиллот классифицирует осушительные насосные станции по расположению относительно дамб:

1) *раздельные станции* (рис. 363), когда станция находится вне тела дамбы; насосная установка состоит из отдельного всасывающего трубопровода, здания станции и напорного трубопровода, укладываемого в тело дамбы или сверх гребня дамбы;

2) *объединенные станции*, когда внутренний бьеф станции и внешний бьеф представляют конструктивно одно сооружение, находящееся в теле дамбы (рис. 364 и 365);

3) *промежуточная конструкция* между объединенными и раздельными типами станций, как показано на рис. 366,

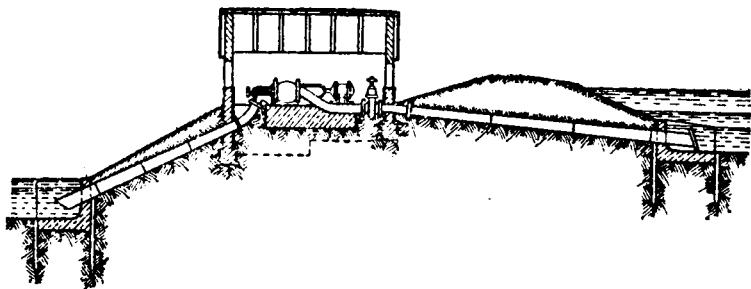


Рис. 363. Насосная станция вне тела дамбы.

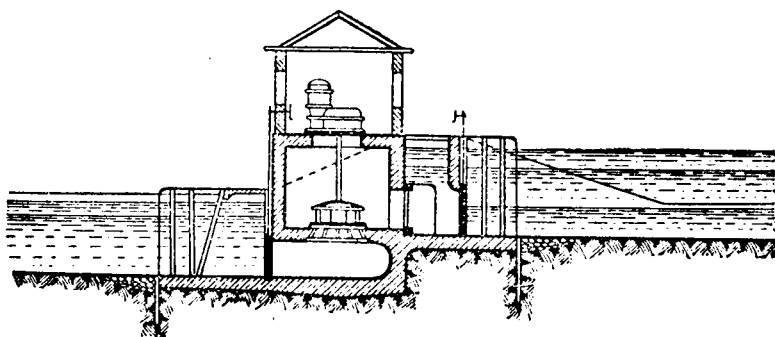


Рис. 364. Насосная станция в теле дамбы.

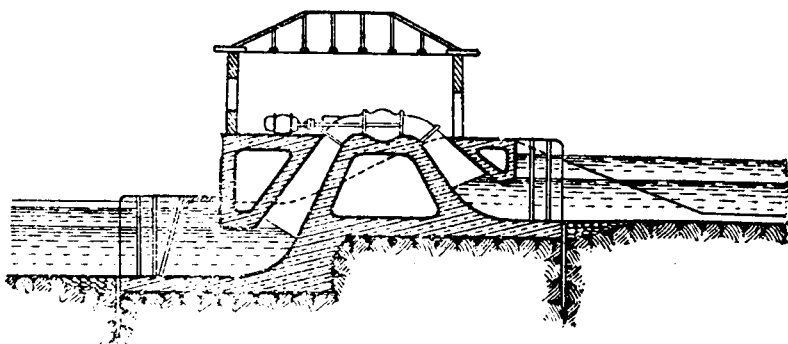


Рис. 365. Насосная станция в теле дамбы.

Насосные установки, кроме того, классифицируются как затопленные и сифонные аналогично с ирригационными.

Из рассмотренных указанных типов осушительных насосных установок следует, что эта установка представляет низконапорную насосную станцию; поэтому все, что сказано ранее о выборе насоса и двигателя для ирригационных станций с напором до 6 м, остается в силе и для осушительных насосных станций, за исключением следующих особенностей.

а) Если в ирригационных станциях приемный бассейн обуславливается конструктивными соображениями (для постановки тупиковой насосной станции перпендикулярно оси подводящего капала), то в осушительной насосной станции резервуар имеет специальное назначение. Он позволяет: уменьшить мощность насосной установки, сделав работу ее более равномерной при разном количестве притекающей по магистральному каналу воды; следовательно, роль резервуара в осушительных

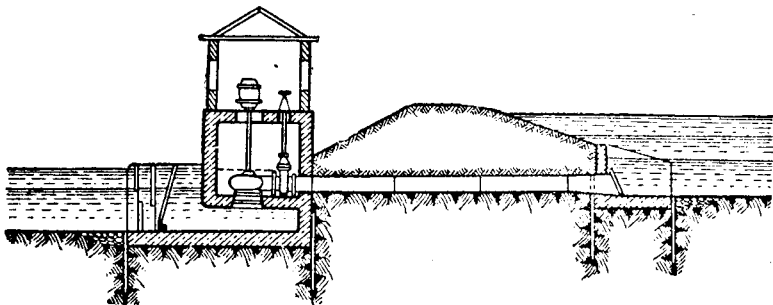


Рис. 366. Насосная станция промежуточного типа.

насосных станциях аналогична роли резервуара в канализационных насосных станциях.

б) В ирригационных насосных станциях перекачка производится по укомплектованному графику гидромодуля с учетом особенностей работы насосов, в осушительных же насосных станциях график откачки зависит от климатических особенностей местности, возможности откачки ливневых вод и пр. Поэтому выбор числа насосных агрегатов представляет здесь более трудную задачу. В осушительных насосных станциях часто ставятся разнотипные агрегаты, имеющие различную производительность, с разными напорами у насосов.

в) Особое отличие от ирригационных насосных станций представляют сооружения дамб, прокладка труб через дамбы, сбросные шлюзы.

При проектировании осушительных насосных станций должно быть обращено особое внимание на гидрологические факторы, обуславливающие приток воды к станции.

## 2. Сборные резервуары

Сборный резервуар представляет расширение устья магистрального канала в виде особого бассейна, ковша, пруда внутри обвалованного пространства перед насосной станцией.

В резервуаре скопляется определенное количество воды за время остановки насосной станции или за время превышения притока воды над ее откачкой. Если периодически возможен самотечный сток отводимой (с осушаемой площади) воды в реку, то станция работает с перерывами.

Насосная станция на осушаемой площади, не имеющей постоянного стока воды в водоприемник, должна быть такой мощности, чтобы обеспечить откачку без допущения вредного затопления осушительной сети при определенном объеме сборного резервуара, при максимальном притоке в него воды и при наивысшем уровне воды в водоприемнике.

Сборный резервуар является в то же время и отстойником; чтобы не получилось изменения его полезного объема от отложившихся наносов, полезно отметку дна запроектировать на 0,5—1 м ниже отметки, полученной по гидравлическому расчету для нижнего участка канала.

Нижняя часть сечения осушительных канав, подводящих воду к сборному резервуару, до отметки расчетного горизонта воды в сборном резервуаре может нести функции сборного резервуара и является в этом случае запасной емкостью канав.

При определении потребного объема сборного резервуара она должна приниматься в расчет с учетом возможности частичного заиливания канав.

Устройство резервуара обходится обычно дорого; поэтому надо стремиться использовать естественные углубления староречья, вымоины, карьеры.

Объем резервуара для насосной станции подсчитывается так. Пусть средний сток с осушаемой площади будет  $Q_1$ , а время стока —  $t_1$ ; производительность насосной станции  $Q < Q_1$ . Тогда объем резервуара  $V$  определится из уравнения:

$$V = (Q_1 - Q) t_1,$$

а время работы насосной станции:

$$t = t_1 + \frac{V}{Q} = \frac{V}{Q_1 - Q} + \frac{V}{Q} = \frac{V Q_1}{Q(Q_1 - Q)} = \frac{t_1 Q_1}{Q}.$$

Из первого уравнения видно, что чем больше производительность ( $Q$ ) насосной станции, тем меньшего объема ( $V$ ) требуется регулирующий резервуар; при  $Q = Q_1$  насосы будут успевать за время  $t_1$  откачивать всю притекающую воду без ее скопления ( $V = 0$ ). Поэтому отношение  $\frac{Q}{Q_1}$  берется тем ближе к единице, чем: 1) выше стоимость устройства резервуара, приходящаяся на 1 м<sup>3</sup> его объема, 2) чем больше затапливаемая при скоплении воды земельная площадь и 3) чем ценнее произрастающие на ней культуры.

Так как в течение года приток воды к станции изменяется в довольно значительных пределах, то в периоды маловодья станция будет работать с перерывами и с неполной нагрузкой; неравномерность работы будет тем больше, чем меньше объем сборного резервуара. В предвидении этого восстанавливают не один, а несколько насосных агрегатов. Общая их производительность должна соответствовать максимальному расчетному притоку воды, а производительность агрегата, меньшей по сравнению с остальными мощности, — межленному притоку. Часто принимают при двух агрегатах отношение их мощностей 1 : 2, три насоса ставят одинаковой производительности.

Проф. Пикельс для различных осушаемых площадей при модулях стока  $q_{max} = 0,85$  л в секунду с 1 га и  $q_{cp} = 0,28$  л в секунду приводит следующие данные о числе и размерах насосов при осушении (при скорости в патрубке насоса 3 м в секунду):

**Число и размер насосов в зависимости от величины площади  
(по Пикельсу)**

Осушаемая площадь (в гектарах)	Общая производительность насосной установки (в куб. метрах в секунду)	Число насосов и приблизительные диаметры патрубков (в сантиметрах)	Осушаемая площадь (в гектарах)	Общая производительность насосной установки (в куб. метрах в секунду)	Число насосов и приблизительные диаметры патрубков (в сантиметрах)
400	0,4	1—38,1	3 600	3,2	1—66,5 и 1—99,0
800	0,7	2 по 38,1			или 3 по 66,6
1 200	1,1	1—38,1 и 1—55,9	4 000	3,5	1—71,1 и 1—99,0
1 600	1,4	1—45,7 и 1—61,0			или 3 по 71,1
2 000	1,8	1—50,8 и 1—71,1	4 800	4,2	3 по 76,2
2 400	2,1	1—55,9 и 1—76,2	5 600	4,9	3 по 81,2
2 800	2,5	1—61,0 и 1—81,2	6 400	5,6	3 по 91,4
3 200	2,8	1—61,0 и 1—91,4	7 200	6,4	3 по 91,4 или 4 по 81,2
		или 3 по 61,0	8 000	7,1	3 по 99,0 или 4 по 91,4

На эту таблицу надо смотреть как на первое приближение к выбору числа агрегатов. При выборе числа насосов необходимо учитывать также и технико-экономические показатели вариантов с различными объемами резервуаров и с различными типами насосов.

### 8. Примеры осушительных насосных станций

1. Рис. 367 изображает временную насосную станцию с горизонтальным пропеллерным насосом, укрепленным вместе с мотором на сваях.

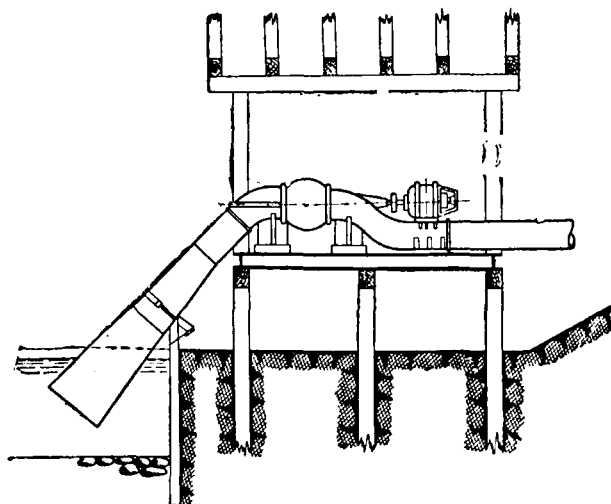


Рис. 367. Временная насосная станция.

2. На рис. 368 показана насосная станция, работающая при небольших колебаниях уровня воды в подводящем канале (2—3 м). Эта насосная станция обслуживает торфяное хозяйство Гидроторфа и подает воду под напором  $H=30$  м.

3. На рис. 369 показана типовая осушительная насосная станция с быстроходными пропеллерными насосами.

Для понижения уровня грунтовых вод в осушении применяется система откачки воды из колодцев, дающая возможность точно регулировать уровень грунтовых вод. В этом случае обычно на каждом колодце ставится насосный агрегат, но возможно и применение способов групповой откачки, принятых в водоснабжении (общий сифон, компрессорная установка с эрлифтами).

Аналогичный метод понижения грунтовых вод откачкой воды из колодца применяется и в орошении в целях борьбы с засолением почв; для этой цели часто устраивают так называемые калифорнийские колодцы.

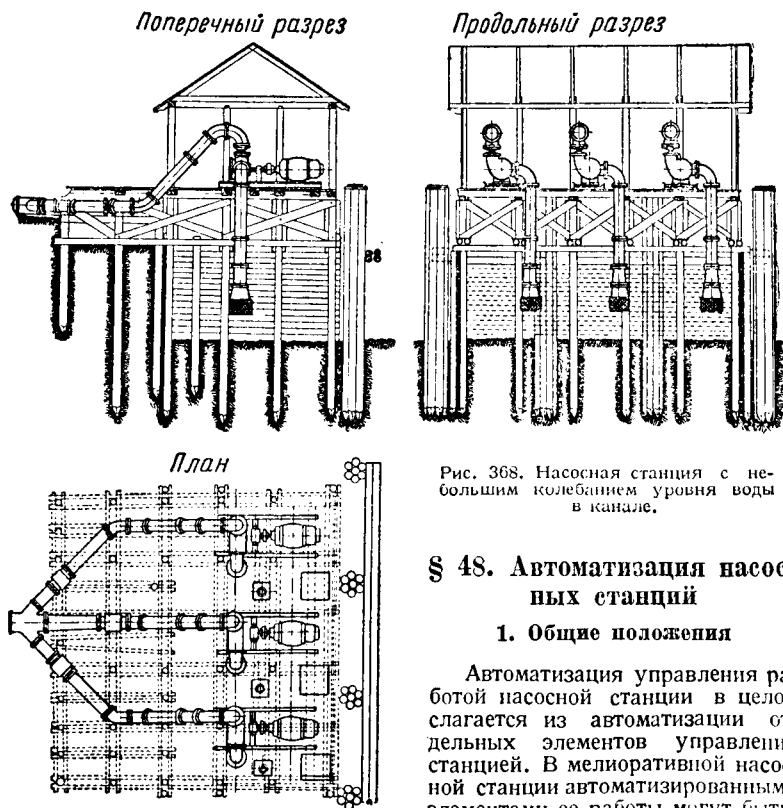


Рис. 368. Насосная станция с небольшим колебанием уровня воды в канале.

## § 48. Автоматизация насосных станций

### 1. Общие положения

Автоматизация управления работой насосной станции в целом складывается из автоматизации отдельных элементов управления станцией. В мелиоративной насосной станции автоматизированными элементами ее работы могут быть:

- 1) пуск и остановка насосного агрегата,
- 2) заливка и пуск центробежного насоса,
- 3) управление задвижками,
- 4) сигнализация и защита оборудования при авариях;

5) контроль и измерение характерных величин.

В зависимости от потребностей возможны и дополнительные элементы автоматизации; возможно также и исключение части указанных элементов.

Наблюдение за работой отдельных элементов станции или нескольких станций может быть централизовано в одном диспетчерском пункте, из которого ведется дистанционное (кнопочное) управление одной или несколькими станциями. Дистанционное управление автоматической станцией осуществляется диспетчером при помощи специальных кнопок, смонтированных на щите (пульте).

Для возможности дистанционного управления необходимо иметь передачу на щит (пульт) соответствующих показателей работы станции. Такая передача показателей различных приборов осуществляется при помощи телемеханики. Возможно и управление на расстоянии при помощи телемеханики (телеуправление), но ввиду дороговизны его оно в насосных станциях обычно не применяется, а телемеханика используется только для телеизмерений (телеконтроля).

В зависимости от степени автоматизации управления насосные станции разделяются на: 1) неавтоматические, 2) полностью автоматические, в которых все процессы управления автоматизированы так, что совсем не требуется постоянного обслуживающего персонала, и 3) полуавтоматические, в которых автоматизирована лишь часть процессов управления; для них обслуживающий персонал требуется, но в меньшем количестве, чем для станций с неавтоматическим управлением.

Автоматические насосные станции имеют следующие преимущества в эксплуатации: 1) сокращаются расходы на содержание штата служащих, 2) увеличивается надежность и бесперебойность работы станции, 3) увеличивается точность регулирования, 4) уменьшается аварийность, 5) увеличивается срок службы оборудования

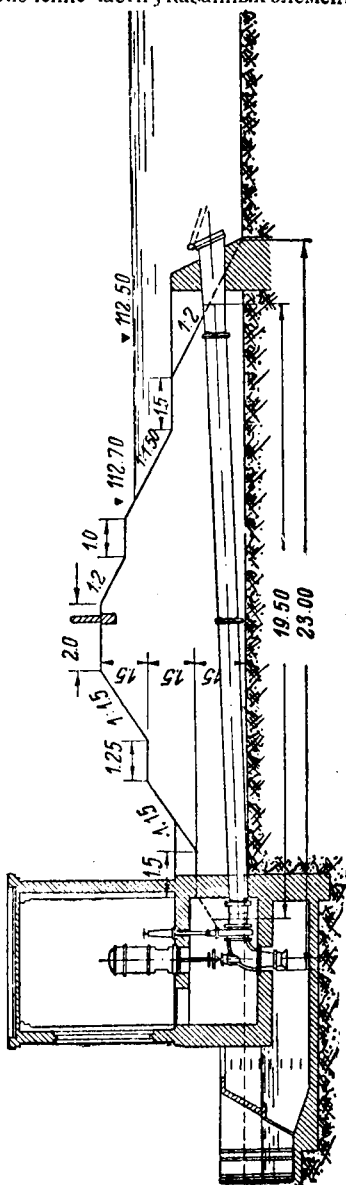


Рис. 369. Типовая осушительная насосная станция.

благодаря независимости его от разных случайностей и качества обслуживания.

В первоначальных строительных затратах автоматизация насосной станции дает экономию в следующем:

1) уменьшается потребная кубатура здания насосной станции, так как нормы расстояний для расположения оборудования и нормы высоты здания допускаются уменьшенные;

2) уменьшается расход на строительство жилых помещений для служащих;

3) благодаря более точной и более чувствительной регулировке представляется возможность уменьшения числа насосов за счет увеличения их мощности, уменьшения резервной мощности агрегата и объема регулирующего резервуара.

Затраты на дополнительное оборудование для автоматизации обычно превышают экономию на строительных расходах, но с течением времени

разница в первоначальных затратах окупается экономией на эксплуатационных расходах.

Размер экономии в конечном результате зависит: от степени автоматизации, от принятой схемы управления, от типа основного оборудования, от интенсивности работы станции (сезонность и прерывистость работы в течение суток удлиняют срок окупаемости дополнительных затрат на автоматизацию).

Автоматические насосные станции имеют наибольшее применение в Америке. У нас в СССР также существуют автоматизированные насосные станции, преимущественно водопроводные и канализационные.

Устройство автоматизированных насосных станций в меллиорации должно получить развитие в связи с

электрификацией сельского хозяйства.

## 2. Основные элементы автоматизации

Автоматическое управление насосной станцией осуществляется при помощи различных приборов, связанных в своей работе в определенную систему общего управления станцией.

А) Главные типы приборов, служащих для автоматического пуска и

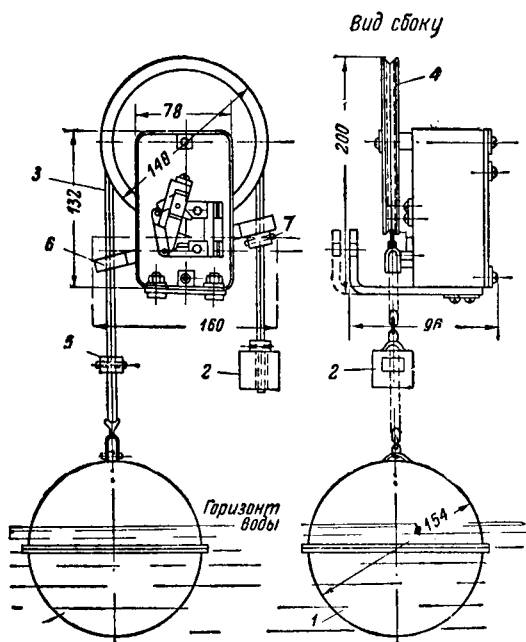


Рис. 370. Схема поплавкового реле.

остановки агрегата, это: 1) реле давления, которое включает или выключает двигатель в зависимости от высоты манометрического давления в трубопроводе; 2) реле времени с часовым механизмом, дающим замыкание и размыкание контакта в определенные промежутки времени; 3) поплавковое реле (контактор), дающее замыкание и размыкание контакта в зависимости от уровня воды в резервуаре.

При автоматизации мелиоративной насосной станции пуск в действие и остановка насосов обычно связываются с уровнем воды в канале (осушительном или оросительном). Эта связь осуществляется при помощи поплавкового реле.

На рис. 370 показана схема устройства поплавкового реле ХЭТЗ (Харьковский электротехнический завод). Сущность устройства этого реле такова: через блок (4) перекинут трос (3), к одному концу которого прикреплен поплавок (1), к другому — противовес (2); контактное устройство укреплено на одной оси с блоком. При повышении горизонта воды в канале поплавков поднимается вместе с прикрепленным к тросу зажимным упором (5), который по достижении определенной отметки уровня соединяется с концом рычага (6) и перемещает его вверх, в результате чего происходит замыкание контактов. При понижении горизонта воды поплавок опускается, а поднимается конец троса с противовесом (2) и с упором (7), который, нажимая на другой конец рычага (6), вращает его в обратном направлении; в результате происходит размыкание контактов.

На станциях малой мощности применяются главным образом асинхронные моторы с короткозамкнутым ротором. Синхронные моторы применяются преимущественно на станциях большой и средней мощности. Запуск синхронных электромоторов часто весьма сложен и производится различными способами: при помощи пускового компенсатора, с помощью реле скольжения и др. Харьковский электротехнический завод разработал целый ряд схем для пуска синхронного мотора, учитывая необходимость внедрения этого типа двигателя как наиболее экономичного в эксплуатации.

Б) Автоматизация насосной станции требует специальных устройств для заливки насосов. Наиболее распространен способ заливки с помощью водокольцевого вакуум-насоса типа «Эльмо» (см. главу XI).

Вакуум-насос и рабочий насос приводятся в действие от одного импульса — уровня воды в резервуаре или давления в напорном трубопроводе; при этом обе операции производятся в определенной последовательности:

а) сначала автоматически включается вакуум-насос;

б) по заполнении водой рабочего насоса и всасывающего трубопровода автоматически пускается в ход рабочий насос, а вакуум-насос выключается;

в) открывается задвижка на напорном трубопроводе.

Кроме вакуум-насоса, для автоматической заливки центробежных насосов применяются и другие устройства: например, заливкой водой из напорного трубопровода или из специального бака, наполняемого водой заранее в предшествующий период работы насоса.

Существуют также приспособления для всасывания воды, основанные на стремлении избежать применения дополнительных приборов, как вакуум-насос и др., усложняющих операцию пуска насоса.

Одно из таких устройств показано на рис. 371. Обозначения по чертежу: 1 — центробежный насос, 2 — колено всасывающей трубы, 3 и 4 — эжекторы, 5 — сепаратор, 6 — нагнетательный трубопровод, 7 — клапан. Насос и сепаратор заполняются один раз водой до уровня верхней части колена (2). При пуске насоса эта вода начинает циркулировать

В направлении, показанном на рисунке (а) стрелками, одновременно под-сасывая воздух при помощи эжектора (3) из всасывающей трубы и под-нимая в ней воду. Когда вся всасывающая труба будет заполнена водой, дальнейший приток воды к насосу будет происходить через колено (2), минуя эжектор (3), работа которого прекращается обратным действием эжектора (4).

Отрицательными сторонами, тормозящими замену вакуум-насосов такого рода устройствами, являются главным образом: 1) их громоздкость, 2) нередко меньшая надежность в работе и 3) увеличение потерь напора вследствие появления дополнительных изгибов труб и сечений разного диаметра.

В) Для насосных станций с переменной величиной водопотребления или с сильно меняющимся уровнем воды в источнике, влияющим на производительность станции, весьма важное значение имеет выбор наиболее рационального способа регулирования водоподачи.

Существующие способы регулирования расхода воды отдельного на-соса сводятся к двум: 1) изменению пропускной способности трубопро-вода путем примене-ния задвижек и 2) изменению числа оборо-тов насоса.

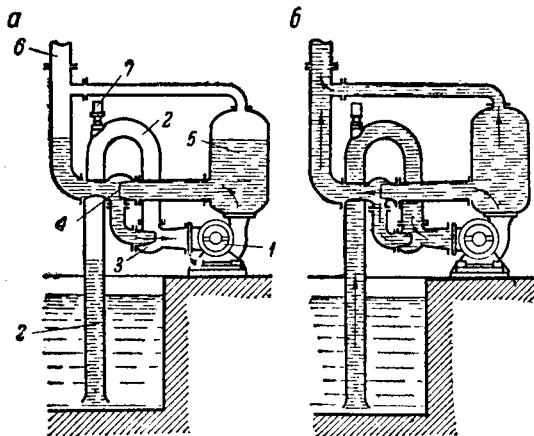


Рис. 371. Устройство для автоматической заливки насоса: а — насос в момент пуска; б — насос в работе.

Применение перво-го способа ведет к большому потерям на-пора и потому по воз-можности избегается.

Регулирование чис-ла оборотов насоса достигается измене-нием числа оборотов двигателя или приме-нением в качестве пе-редаточного механиз-ма гидравлической муфты.

Применяемый обы-чно трехфазный ток допускает изменение числа оборотов при условии включения реостата в цепь рото-

ра, что сильно снижает коэффициент полезного действия, и потому такой способ регулирования применяется редко.

Коллекторные моторы трехфазного тока мощностью примерно до 100 квт допускают изменение числа оборотов, но такие моторы стоят значительно дороже асинхронных.

Гидравлическая муфта дает возможность при неизменном числе оборотов двигателя менять в любых пределах число оборотов насоса, при этом к. п. д. мотора остается почти одинаковым, а к. п. д. гидромуфты доходит до 0,97—0,98.

Сушность устройства и принцип действия гидравлической муфты за-ключаются в следующем. На вал мотора насажено специальной конструк-ции центробежное колесо, на вал насоса насажено другое колесо, рабо-тающее, как гидравлическая турбина. Оба колеса окружены общим кожухом; вал мотора и вал насоса механически не соединены между собою и могут вращаться отдельно. В пространство между колесами вводится

масло, которое при вращении центробежного колеса подсасывается к его центру и затем выбрасывается центробежной силой на периферию; оттуда масло переходит на периферию турбинного колеса и передает ему давление на лопатки, направляясь по ним к центру турбины. Лопатки, воспринимая давление масла, приводят колесо, а вместе с ним и вал насоса, во вращательное действие.

От центра турбины масло снова всасывается центробежным колесом и циркулирует таким образом в течение всей работы мотора. Конструкция гидромфты предусматривает автоматическое охлаждение масла. Изменение скорости вращения турбинного колеса, а следовательно, и вала насоса, достигается путем изменения количества масла, циркулирующего в колесах. При помощи так называемой черпательной трубки и поршня можно устанавливать насос на любое число оборотов.

### **3. Общие схемы работы автоматизированных насосных агрегатов**

Выполнение таких схем может быть весьма различным в зависимости от принятых способов: пуска насоса, заливки его, пуска электропривода к насосу, регулирования и т. д. На рис. 372 приведен один из возможных вариантов общей схемы автоматизированного насосного агрегата (условные обозначения по ХЭТЗ). При построении схем придерживаются общепринятых условных изображений отдельных элементов схемы и взаимодействия автоматической аппаратуры.

Стандартизованных обозначений в СССР пока нет, но наибольшим распространением пользуются условные обозначения, выработанные Харьковским электротехническим заводом, который вполне освоил изготовление автоматической аппаратуры и выпускает сложные системы автоматического управления, оправдавшие себя на практике.

### **4. Выбор насосов и пример автоматической насосной станции**

1. При выборе насосов для автоматической работы станции необходимо стремиться к их однотипности по конструкции и производительности.

Неавтоматические насосные станции, применяясь к переменному графику водопотребления, часто вынуждены иметь насосы, дифференцированные по производительности, во избежание неудобства маневрирования (с частыми пусками и остановками агрегатов). В автоматической насосной станции это обстоятельство значения не имеет, и благодаря автоматичности пуска и остановок возможно укрупнение насосных агрегатов, что упрощает и удешевляет эксплуатацию насосной станции.

Однотипность насосов автоматической насосной станции имеет особенно важное значение в отношении резервного агрегата. В этом случае любой из насосов может быть резервным и чередоваться в работе с другими; в случае аварии одного из агрегатов замена его другим резервным осуществляется без затруднений и не вызывает никаких изменений в режиме работы станции.

2. На рис. 373 дан продольный разрез одной автоматической насосной станции мелиоративного типа большой производительности.

Станция имеет четыре пропеллерных насоса с поворотными лопатками, из них один резервный.

Для маневрирования шандорами, решетками и сорочистительными машинами устраивается порталый кран. Подвод воды к насосу осуществляется всасывающей трубой коленчатого типа, а отвод воды от насоса — при помощи диффузора.

Для создания безнапорного типа насосного здания устраивается потерня, уравнивающая горизонты воды по обе стороны насосного здания.

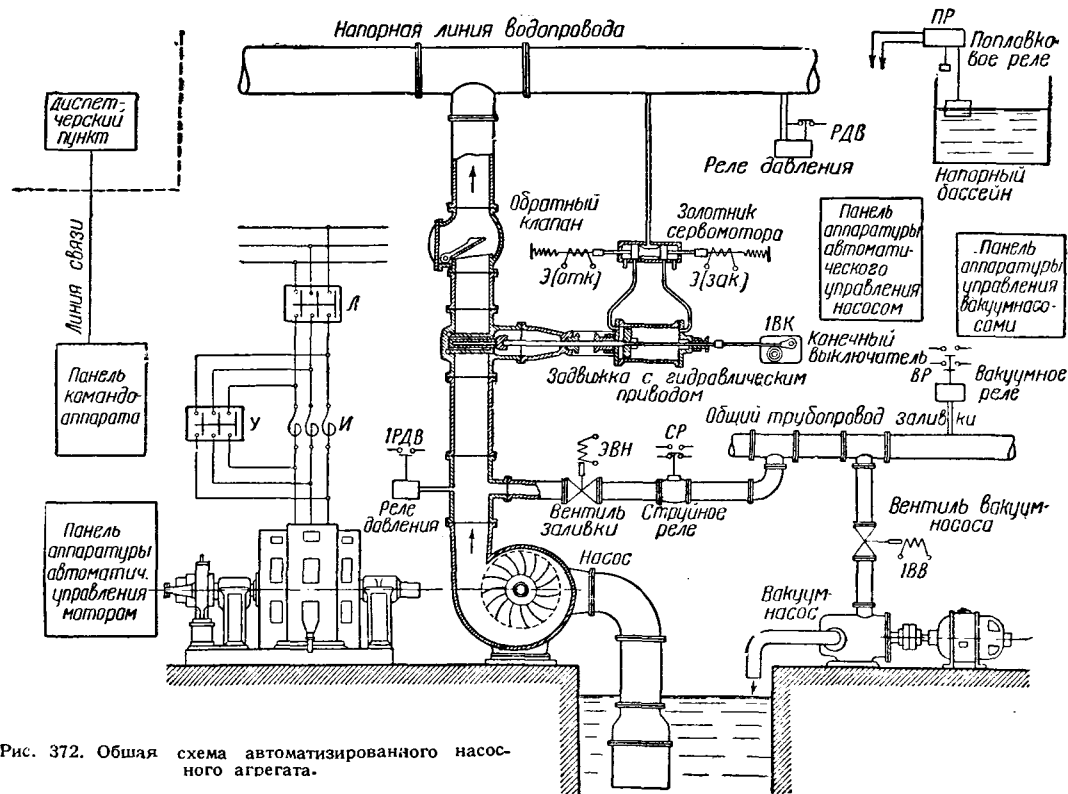


Рис. 372. Общая схема автоматизированного насосного агрегата.

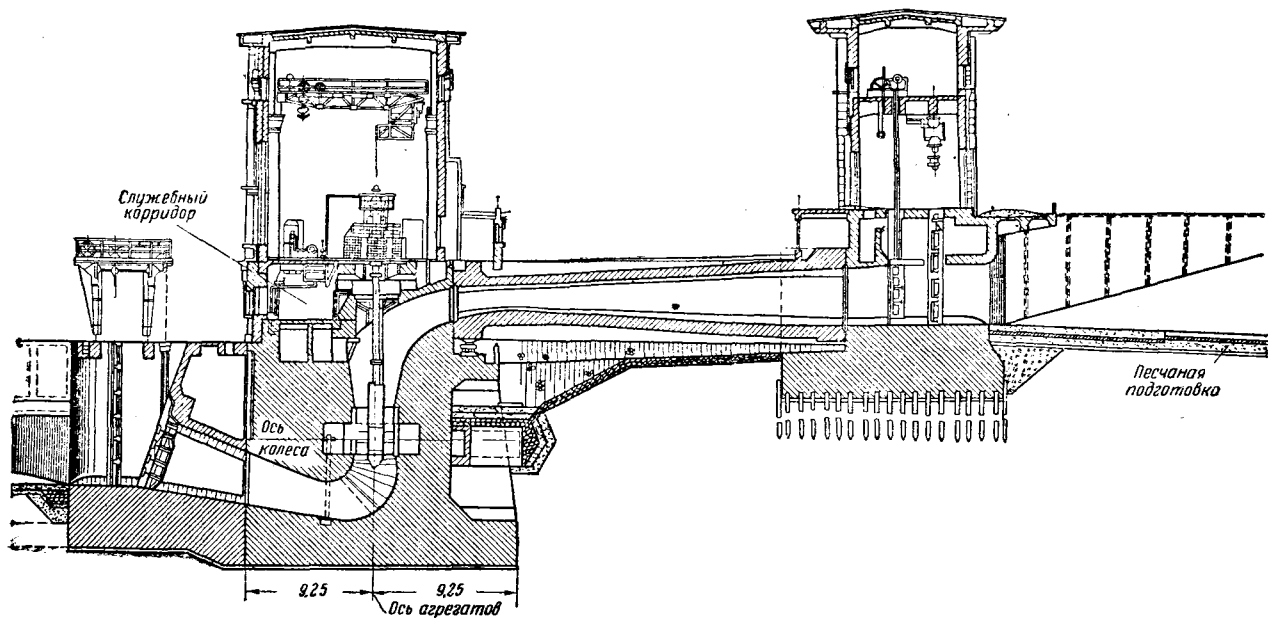


Рис. 373. Разрез автоматизированной насосной станции.

Сопряжение диффузора с водоприемником сделано при посредстве акведука. Водоприемник снабжен щитами, могущими быстро падать при остановке насосов и тем предотвращать обратный сток через насосы, что достигается путем устройства автоматической блокировки. Импульсы пуска и остановки агрегатов передаются из диспетчерского пункта. Насосный агрегат пускается, когда угол поворота лопасти достигнет положения, при котором момент запуска будет наиболее экономным. Одновременно с пуском масляной системы включается синхронный мотор; по достижении им номинального числа оборотов специальный контактор дает импульс, заставляющий лопасти насосов повернуться в рабочее положение.

Когда давление на щит со стороны трубопровода и со стороны верхнего бьефа выравняется, импульс передается на систему управления лебедкой для подъема щита.

## § 49. Насосные станции для забора подземных вод

Насосные станции для забора подземных вод отличаются от станций с водозабором из открытых источников главным образом по характеру водоприемных устройств (в зависимости от глубины динамического уровня воды в колодце).

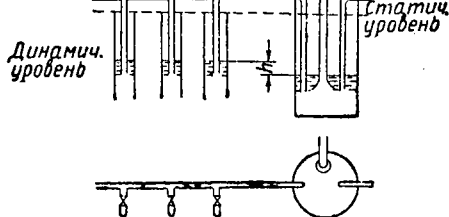


Рис. 374. Схема сифонного водозабора из групп колодцев.

1) Если динамический горизонт воды в колодце находится на глубине до 5—7 м, так что принятый тип насоса допускает всасывание без кавитации с поверхности земли или с незначительным заглублением, то тип насосной станции соответствующей производительности остается таким же, как и при использовании открытых водоемов. В этом случае

буровая скважина (или шахтный колодец) проектируется для удобства ремонта отдельно от станции. Преобладающим насосом будет центробежный с горизонтальным валом; всасывающая труба насоса проходит непосредственно в скважину.

2) При динамическом уровне воды на расстоянии от поверхности земли 7—12 м необходимо устроить шахту, на дне которой может быть установлен горизонтальный центробежный насос. Дно шахты определяется допустимой высотой всасывания насоса. Возможна постановка и вертикального насоса непосредственно в скважину; тогда двигатель устанавливается на поверхности земли. Применение того или иного типа насосной станции определяется сравнением технико-экономических вариантов.

3) Если при том же динамическом уровне (7—12 м) водозабор осуществляется из ряда колодцев (для увеличения притока воды), то устраивается сифон с ответвлениями от общей его линии в каждый колодец. Сифон подает воду в центральный сборный колодец, откуда вода всасывается трубами насосной станции; в сборном колодце создается пониженный против приемных колодцев горизонт воды (рис. 374).

Сифон перед работой должен заполняться водой, что наиболее удобно достигается при помощи водокольцевого вакуум-насоса, всасывающая труба которого присоединяется через средство воздушного колпака (в) к высшей точке сифона (у изгиба сифона в сборном колодце).

Трубам сифона придается подъем к сборному колодезю, обычно не менее 0,005.

Разность динамических уровней воды ( $h$ ) в приемном и сборном колодцах представляет собой действующий напор сифона и входит в расчеты при определении производительности сифона по общим правилам гидравлики.

Вертикальное расстояние (с учетом гидравлических потерь напора) от низшего динамического уровня воды в приемных колодцах до высшей точки сифона не должно превышать предельную вакуумметрическую высоту всасывания сифона (обычно до 7 м). Этим условием определяется минимальная глубина заложения общей линии сифона.

Заглубление здания насосной станции обуславливается предельной вакуумметрической высотой насоса (считая от динамического уровня воды в сборном колодце). Тип насоса — преимущественно центробежный с горизонтальным валом. Приемные колодцы при устройстве сифона могут быть как шахтные, так и буровые. Сборный колодец делается обычно железобетонный; размер колодца должен быть достаточен для установки труб и арматуры и для производства внутреннего ремонта. Сборный колодец может иметь открытые или закрытые для притока грунтовой воды дно и стенки. В первом случае он служит и водоприемным колодцем.

Сифонный водозабор может устраиваться и в случае открытого источника водоснабжения, например, когда заглубление в грунт для устройства самотечного водовода представляет большие трудности:

большой объем земляных работ, наличие плывуна и т. п. В этом случае трубы закладываются от поверхности земли на глубине, определяемой лишь условиями промерзания, что приводит к возвышению части труб над уровнем воды в источнике, т. е. приводит к образованию сифона (рис. 375), заменяющего самотечную линию труб. В отдельные периоды горизонт воды в том же источнике может быть выше сифона и тогда он работает как обычный самотечный водовод, требующий лишь, как и в сифоне, устранения скопления воздуха в высшей точке (на перегибе).

4) При динамическом горизонте на глубине от 12 до 20 м водоподъем осуществляется в условиях, переходных к глубоководному. При сравнении вариантов может иногда оказаться целесообразным устройство шахты глубиной 8—15 м с буровой скважиной в дне. Насос тогда устанавливается на дне шахты, а всасывающая труба опускается в скважину.

При указанной глубине чаще устраивают скважину с поверхности земли и в ней устанавливают или центробежный насос с вертикальным валом, или поршневой насос (включая быстроходные), или эрлифт, если глубина воды для него достаточна.

Для группы колодцев устройство сифона обошлось бы в этом случае слишком дорого, поэтому насосы ставятся в каждый колодец отдельно.

5) Когда динамический уровень находится на глубине большей 20 м,

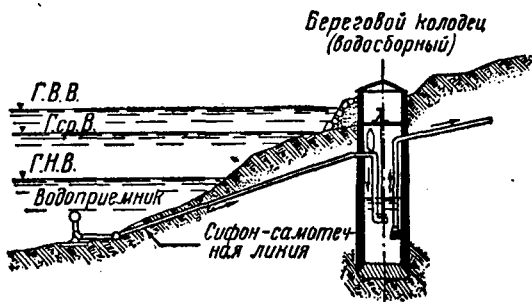


Рис. 375. Схема сифонного водозабора из реки.

то в этом случае устраивают буровые скважины, в которых устанавливают глубоководные насосы: центробежные (типа Фарко), штанговые, эрлифты. Тип насосной станции при таком водозаборе — обычный водо-проводный.

Здание насосной станции, с буровой скважиной в нем, должно быть приспособлено для выемки штанг в целях ремонта, для чего иногда делают специальную вышку над скважиной с подвешенными в ней блоками (рис. 376), или делают люк в крыше здания и используют треногу, которая была при бурении.

При устройстве станции с подвальным этажом вышка или совсем не требуется, или делается значительно меньшей высоты.

## § 50. Примеры насосных станций с подземными источниками водоснабжения

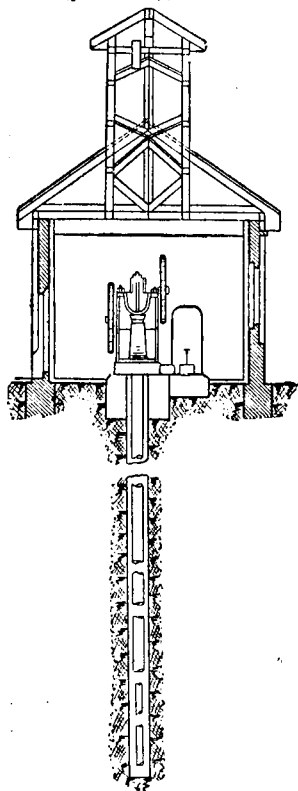


Рис. 376. Насосная станция с поршневым насосом и буровой скважиной внутри здания.

Рис. 377 изображает обычную схему установки этого вида. Как видно из схемы, насосная станция при горизонтальном типе насоса представляет заглубленную шахту, на дно которой поставлены насосные агрегаты. Положение оси насоса определяется расстоянием ее от динамического уровня воды в шахте. На конце всасывающей трубы установлен обратный клапан с сеткой. Расстояние от всасывающего колодца до насоса определяется предельной длиной всасывающей трубы ( $l_s$ ), а эта длина в свою очередь определяется из условий допустимой вакуумметрической высоты всасывания при определенной скорости воды во всасывающей трубе. Не рекомендуется  $l_s$  делать более 30 м. Всасывающая труба должна иметь неизменный подъем к насосу, дабы не скопился воздух.

Для небольших расходов размеры всасывающего колодца определяются конструктивными соображениями, в основу которых кладется свободное размещение труб, задвижек и возможность вести монтажные работы на мостике. При больших расходах следует считаться с необходимым объемом воды в колодце для равномерности ее подачи.

На рис. 378 изображен продольный профиль сифонного трубопровода, причем сифоны имеют вертикальные падения в том

месте, где трубопровод разделяется на два. Этим достигается удаление из трубопроводов воздуха. В этом водопроводе применен метод инж. Линдлея, по которому выполнен водозабор и на водопроводе в Баку.

Рис. 379 изображает план насосной станции 1-го подъема. В сборный колодец идут системы сифонов диаметром 500 мм от колодцев I—VIII и диаметром 300 и 400 мм — от колодцев X и XII.

От сборного колодца в насосную станцию идут две всасывающие трубы диаметром 500 мм. На рисунке видна сбросная труба сборного

колодца диаметром 300 мм. Из станции идет один напорный водовод диаметром 700 мм в главную насосную станцию.

Здание насосной станции изображено на рис. 380; установлены три электронасоса и оставлено одно место для насоса при увеличении мощности водопровода. Характеристика насосов представлена следующими данными (см. таблицу справа).

На станции установлен компрессор для накачивания воздуха в напорный колпак; последний соединен трубопроводом диаметром 400 мм с напорным трубопроводом, подающим воду на главную насосную станцию. Для запуска насосов и сифонов установлен вакуум-насос с

№ насоса	Расход		Напор (в метрах)
	в литрах в секунду	в куб. метрах в сутки	
1	145	12 600	24,90
2	166	14 300	25,60
3	203	17 600	26,40

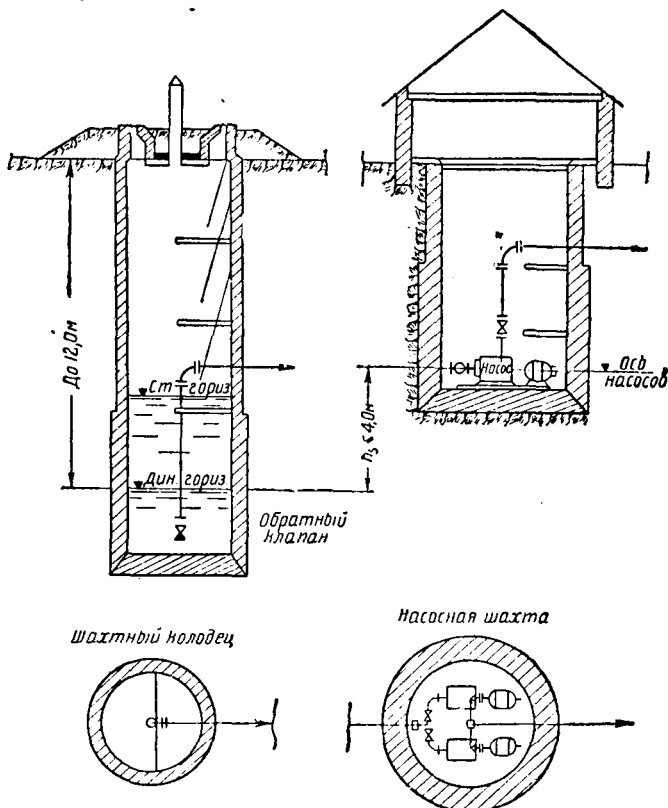


Рис. 377. Схема насосной установки с водозабором из подземных источников.

колпаком. Станция заглублена в землю и изолирована от проникновения грунтовых вод. Недостатком насосной станции является наличие

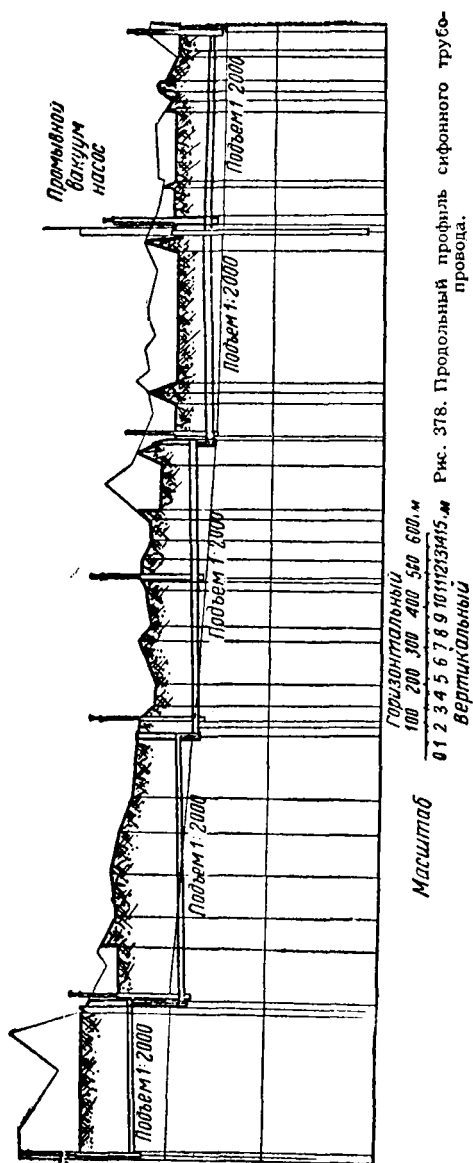


Рис. 378. Продольный профиль сифонного трубопровода.

одного напорного трубопровода в здании станции; при ремонте задвижек, водомеров на напорной линии и присоединений выключается вся станция.

Рис. 381 представляет подземную насосную станцию с вертикальными моторами и быстроходным насосом.

Водоприемный колодец помещен внизу, сюда подведены два сифонных трубопровода.

Напорные трубы насосов соединяются оригинальной вставкой в один трубопровод диаметром 750 мм, который затем разделяется на два по 600 мм.

Рис. 382 изображает конструкцию здания этой насосной станции.

На рис. 383 изображена насосная станция подземного типа; водоприемник отделен от насосной станции. Из водоприемника вода тремя трубами подводится к насосам.

Обычная схема водопроводной станции большой производительности приближается по конструкции к типу мелиоративной насосной станции.

#### Схемы водозабора из скважин

**I схема.** При горизонте динамического уровня воды в скважине не более 5—7 м до поверхности земли насосная станция может представлять раздельную систему со скважиной, как это изображено на рис. 384.

Здание станции заглубляется по отношению к уровню земли. Расстояние от скважины до насосной станции не рекомендуется делать свыше 30 м.

Рекомендуется для бесперебойного обеспечения делать две скважины.

из которых одна резервная. Такая станция допускает применение любого двигателя.

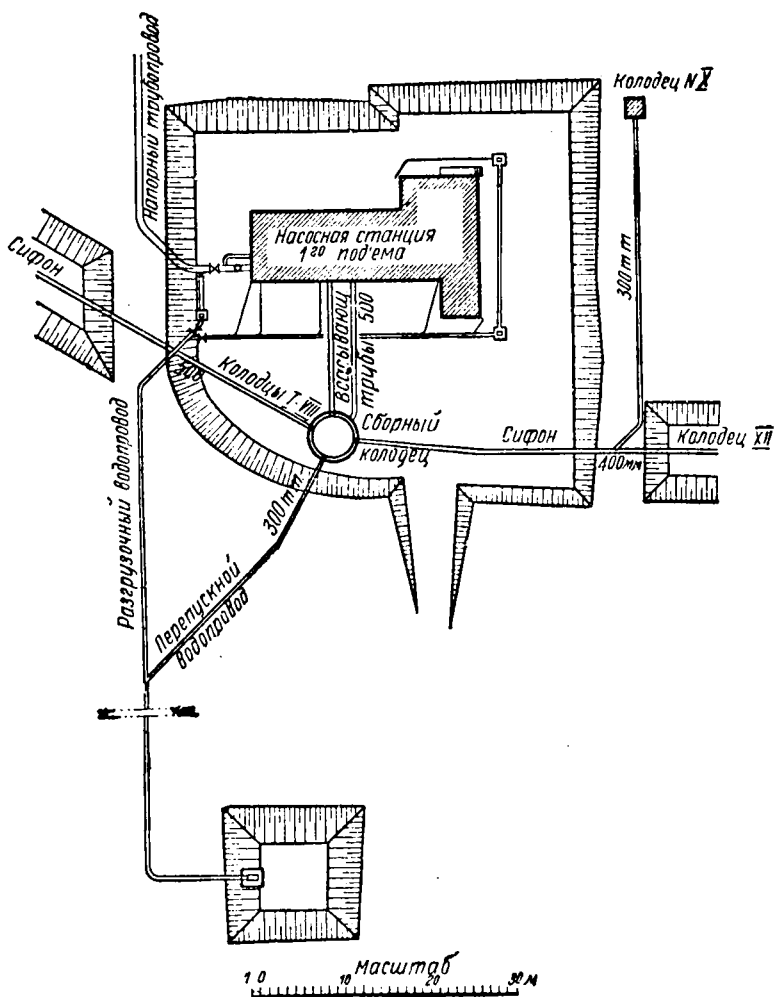
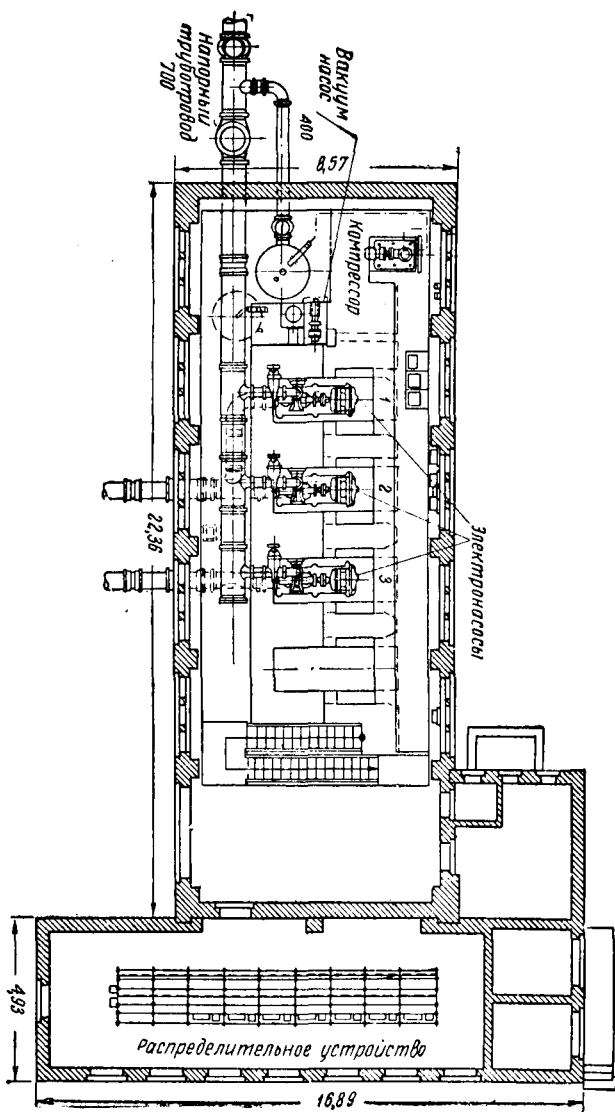


Рис. 379. План насосной станции с сифонным водозабором.

II схема. Рис. 385 изображает насосную установку с горизонтальным центробежным насосом, расположенным в шахте, в которой находится и скважина. Динамический горизонт воды расположен ниже поверхности земли на расстоянии 7—12 м. Отметка оси насоса выбирается из условия допустимой величины всасывания насосов  $h_s$ , в зависимости от чего проектируется и глубина шахты. Шахта должна быть водонепрони-



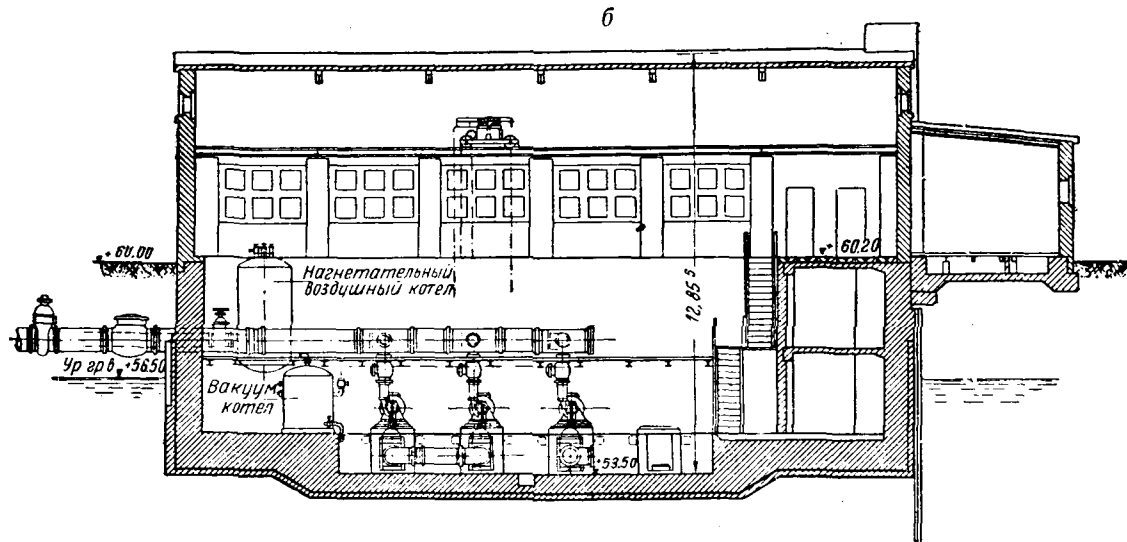


Рис. 380. Здание насосной станции с сифонным водозабором (и оборудованием) в плане (а) и в разрезе (б).

цаемая. Поперечные размеры шахты были бы значительно меньше при применении вертикального шахтного насоса или при применении установки согласно рис. 386; отсутствие подобного типа насосов заставляет применять приведенную на рис. 385 схему.

Разрез по А-В

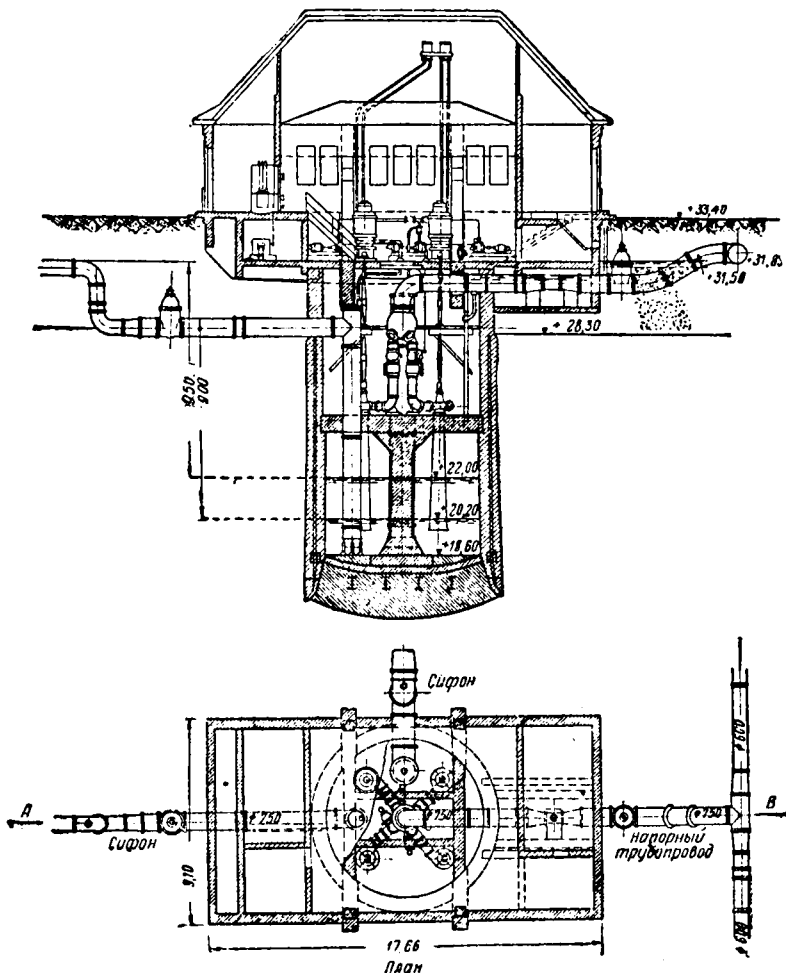


Рис. 381. Подземная насосная станция.

III схема. При значительной глубине залегания динамического уровня возможно применение артезианского центробежного насоса. Такая насосная станция изображена на рис. 386. Для подъема насоса в крыше устраивается люк, над которым устанавливается ферма. Подобная

насосная установка, несмотря на компактность, обладает рядом недостатков, заключающихся: 1) в трудности монтажа и демонтажа установки, 2) при горизонтальных сдвигах скважины возможен перекос ее и расстройство укрепления вала насоса в скважине. Все эти недостатки устраняются при применении подводных насосов, заключенных с мотором в непроницаемый металлический цилиндр (см. насосы, гл. XI).

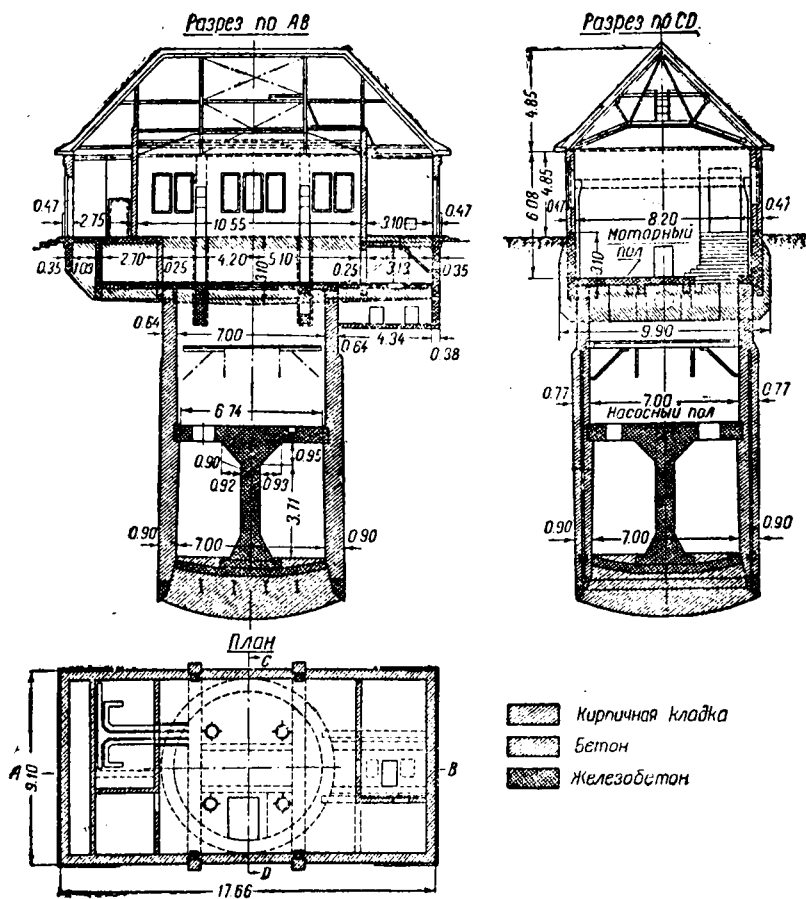
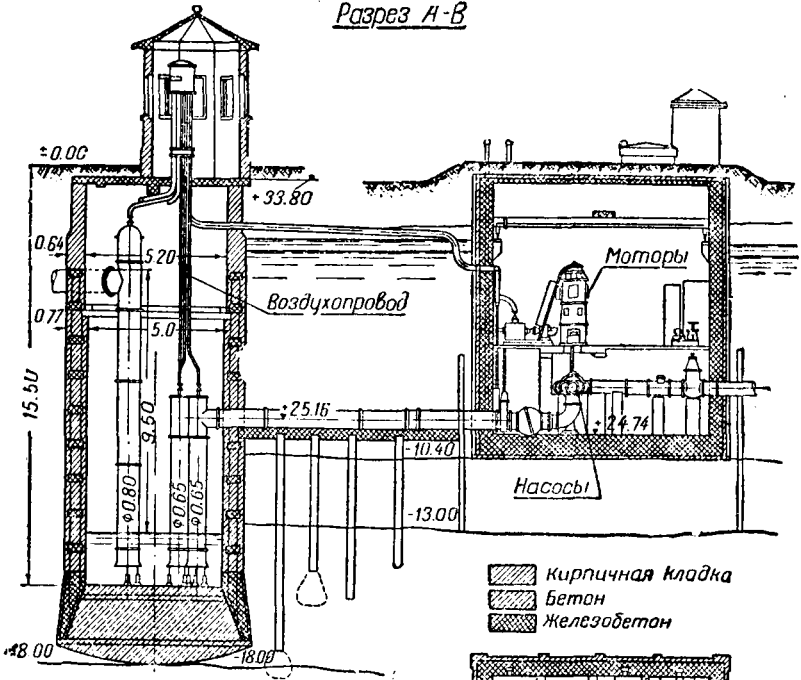





Рис. 382. Здание подземной насосной станции.

При сравнительно небольших расходах воды возможна установка штангового поршневого насоса.

При большой глубине воды в скважине возможно применение эрлифта. При наличии нескольких скважин можно иметь центральную насосную станцию с компрессором, откуда и подается сжатый воздух во все скважины.

Разрез А-В



-  Кирпичная кладка
-  Бетон
-  Железобетон

План

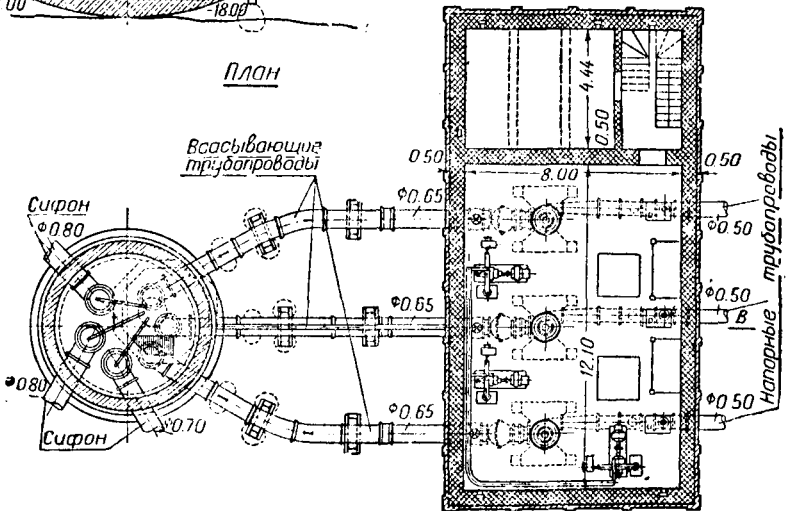


Рис. 383. Подземная насосная станция раздельного типа с водоприемником.

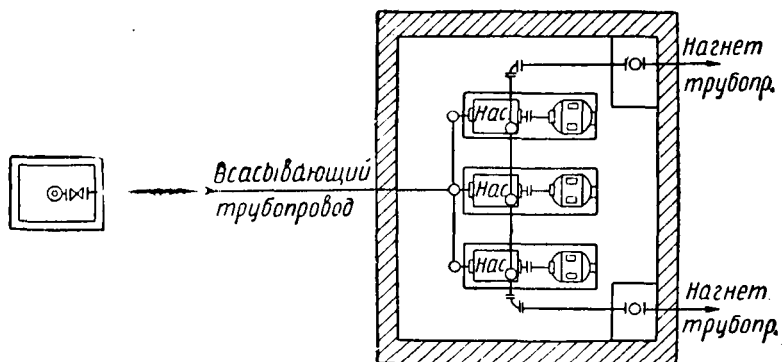
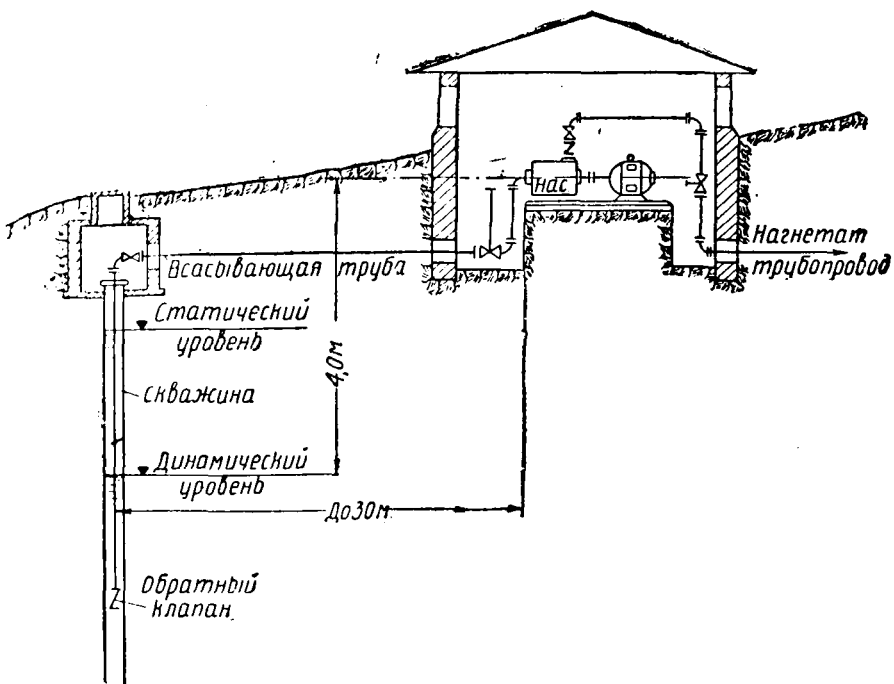


Рис. 384. Схема насосной станции с отдельной системой водозабора.

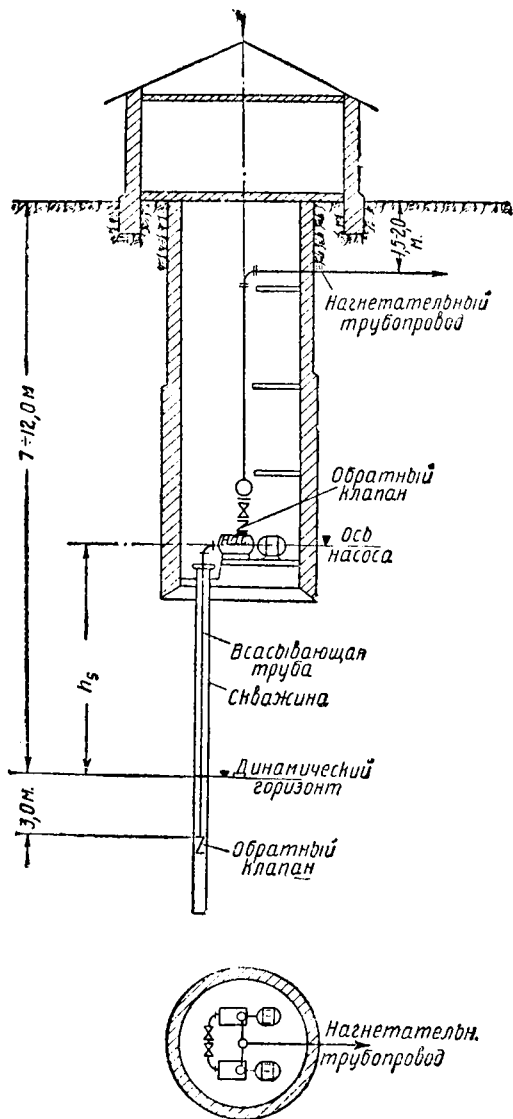
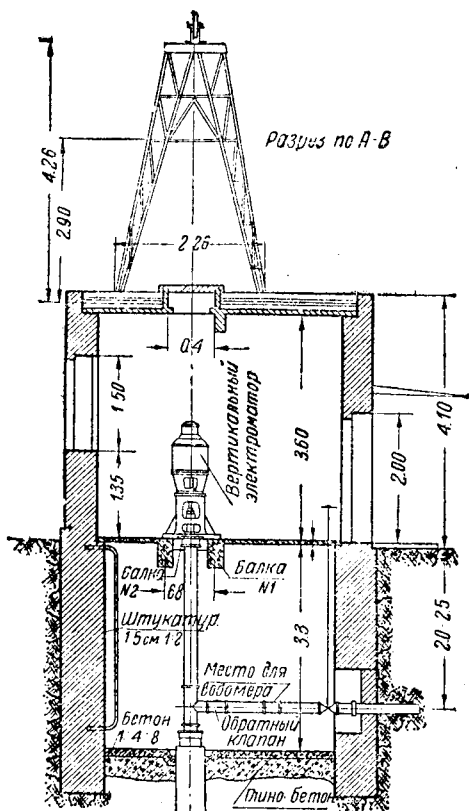


рис. 365. Насосная установка с горизонтальным центробежным насосом в шахте.



Разрез по А-В

План

Примечание: Толщина бетона пола шахты и подпоры фундамента должна отвечать качеству грунта

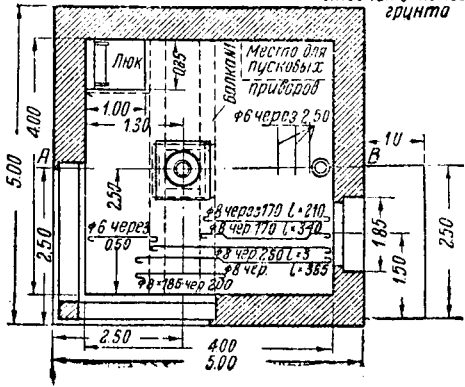


Рис. 386. Насосная станция с вертикальным центробежным насосом в скважине.

## § 51. Краткая методика проектирования водопроводных насосных станций

Водопроводные насосные станции разделяют на: насосные станции 1-го подъема, забирающие воду из источника водоснабжения и подающие на очистные сооружения, и насосные станции 2-го подъема, нагнетающие очищенную воду в разводящую сеть и водонапорную башню.

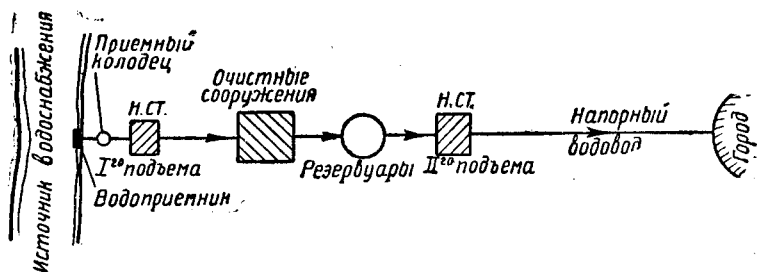


Рис. 387. Схема водопроводных сооружений (вариант I).

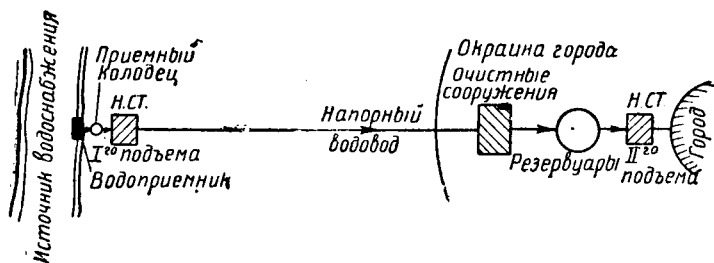


Рис. 387а. Схема водопроводных сооружений (вариант II).

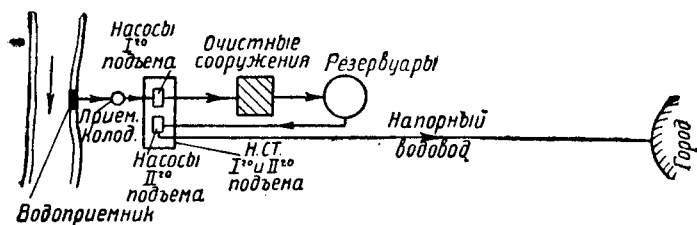


Рис. 387б. Схема водопроводных сооружений (вариант III).

Могут быть насосные станции последующей перекачки, например, при зональном водоснабжении и при неблагоприятном рельефе устраивают насосные станции 3-го, 4-го и выше подъемов.

Расположение насосных станций, очистных сооружений можно видеть на помещаемых схемах. Рис. 387 представляет первую схему; здесь насосные станции 1-го и 2-го подъемов представляют два самостоятельных здания, между которыми помещаются очистные сооружения и резервуары.

Рис. 387а представляет вторую схему, при которой очистные сооружения, резервуары и насосная станция 2-го подъема отнесены к месту разводящей сети.

Рис. 387б (схема III) представляет схему I с устройством общего здания насосных станций 1-го и 2-го подъемов.

Преимущества II схемы по сравнению с I и III заключаются в следующем: насосы 1-го подъема обычно работают равномерно, благодаря чему

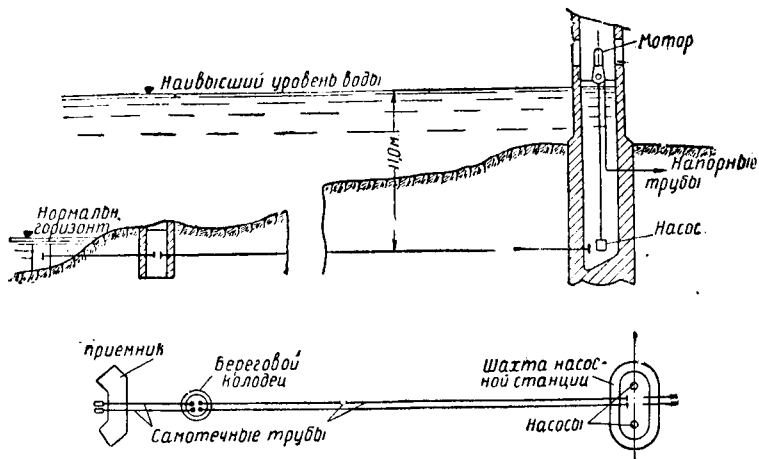


Рис. 388. Схема водопроводных сооружений из источника с большими колебаниями уровня воды.

уменьшаются размеры диаметра напорного водовода; сборные резервуары располагаются вблизи разводящей сети, благодаря чему достигается лучшая обеспеченность населенного пункта в воде.

К недостаткам II схемы относятся: сооружение двух насосных станций вместо одной, как в III схеме; необходимость излишней перекачки воды для промывки фильтров, излишние эксплуатационные расходы на

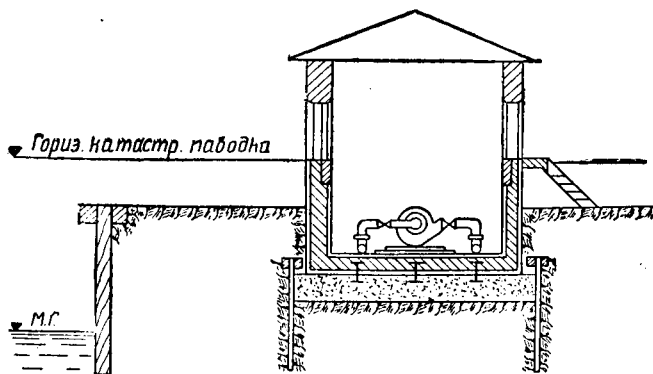


Рис. 389. Схема насосной станции, затопляемой паводковыми водами.

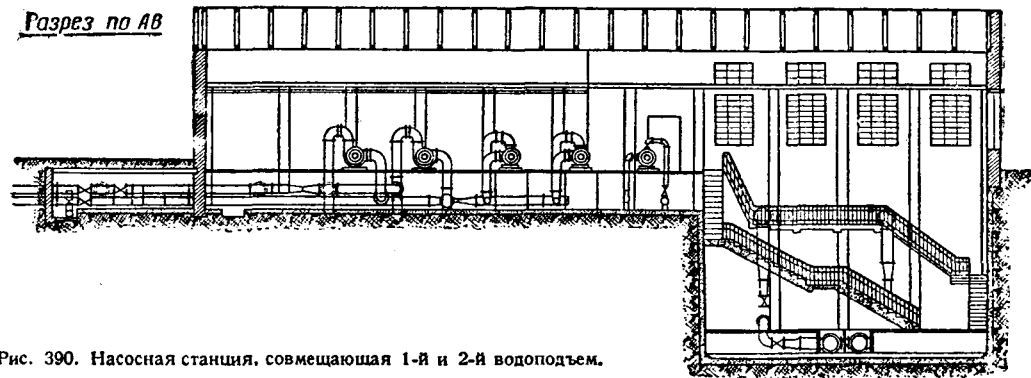
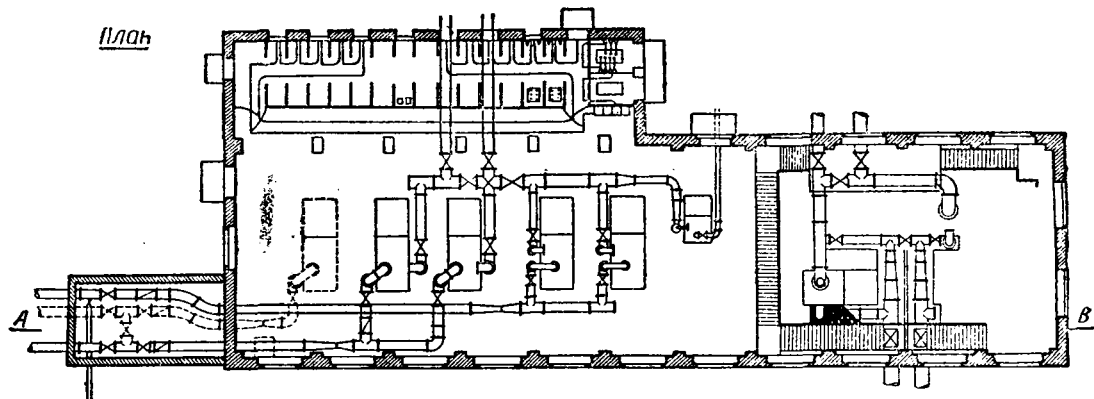


Рис. 390. Насосная станция, совмещающая 1-й и 2-й водоподъем.

персонал двух насосных станций. Окончательное решение выбора схемы получается после сопоставлений технико-экономических показателей различных схем.

Рис. 388 изображает насосную станцию с большим колебанием горизонта источника водоснабжения.

Рис. 389 показывает расположение насосной станции при условии заливания ее паводковыми водами в особо катастрофические годы (в обычное время насосная станция паводком не затопляется).

Выбор производительности и числа насосных агрегатов производится в зависимости главным образом от величины расходов воды и степени неравномерности водоподачи; при этом предусматривается добавление резервных агрегатов и последующее расширение станции. Насосы рекомендуется устанавливать однотипные, учитывая их преимущества в эксплуатации.

При наличии регулирующих резервуаров в широких пределах используется возможность изменения продолжительности работы насосов в течение суток.

При расположении насосов и напорных трубопроводов внутри насосной станции следует обратить особое внимание на возможность:

- 1) выделения любого насоса, задвижки и участка трубопровода без ослабления подачи воды;
- 2) подачи воды любым насосом в любой водовод или, по крайней мере, большой гибкости в этом отношении;
- 3) быстрого оперирования задвижками, особенно в случае аварии;
- 4) свободного доступа для осмотра и ремонта задвижек и соединительных частей.

Должны быть также обеспечены надежные и дублированные соединения для водоснабжения самой насосной станции.

Отступление от этих правил возможно лишь в том случае, когда остановка станции не вызовет особых последствий при водоснабжении благодаря наличию резервуаров, башен и пр.

При проектировке должно быть обращено особое внимание на расположение внутри здания стационарных труб, соединений, постановку водометров, обратных клапанов, задвижек.

На рис. 390 показана насосная станция двух подъемов согласно III схеме.

## ГЛАВА XI НАСОСЫ

В гидротехнических мелиорациях (включая и с.-х. водоснабжение) применяются самые разнообразные конструкции водоподъемников; из них наибольшее распространение имеют центробежные насосы, а в области грунтового водоснабжения — также и поршневые.

### А. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ

#### § 52. Устройство и принцип действия центробежных насосов

1. На рис. 391 и 392 показаны схемы установок с горизонтальными центробежными насосами. Основное различие схем заключается в расположении нагнетательных труб и их опорах. В схеме I (рис. 391) нагнетательные трубы передают свое весовое давление непосредственно на на-

сос; в схеме II (рис. 392) нагнетательные трубы имеют свои бетонные опоры, устраняющие передачу веса на насос, что имеет большие преимущества, в особенности в крупных установках. Установка по схеме I применяется при относительно небольшой высоте напора, при необходимости экономии средств на постройку помещения и фундаментов. Вообще же, как правило, нагнетательный трубопровод должен иметь свои опоры.

2. Центробежный насос состоит из следующих основных частей: 1) рабочего колеса, насаженного на вал, вращаемый двигателем, и 2) кор-

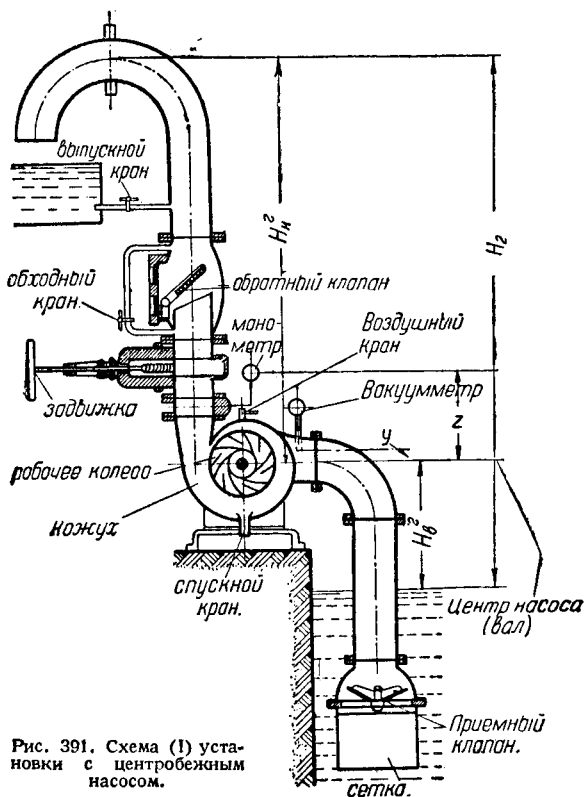


Рис. 391. Схема (I) установки с центробежным насосом.

пуса или кожуха (в виде улитки или спирали), в который заключено рабочее колесо.

Рабочее колесо состоит из двух дисков и расположенных между ними лопаток, так что диски и лопатки образуют каналы, по которым во время работы движется вода. Один диск делается в виде сплошного круга со втулкой, насаживаемой на вал насоса, другой — в виде кольца со свободным пространством в центре для входа воды. Лопатки и диски представляют собой большей частью одно целое литье, обычно из чугуна или бронзы.

3. Вода вступает в колесо в направлении его оси и затем поворачи-

ного движения воды диски на поворотах выполняются с соответственными закруглениями. Корпус насоса со стороны входа воды имеет всасывающий патрубок, со стороны выхода — нагнетательный. Всасывающий

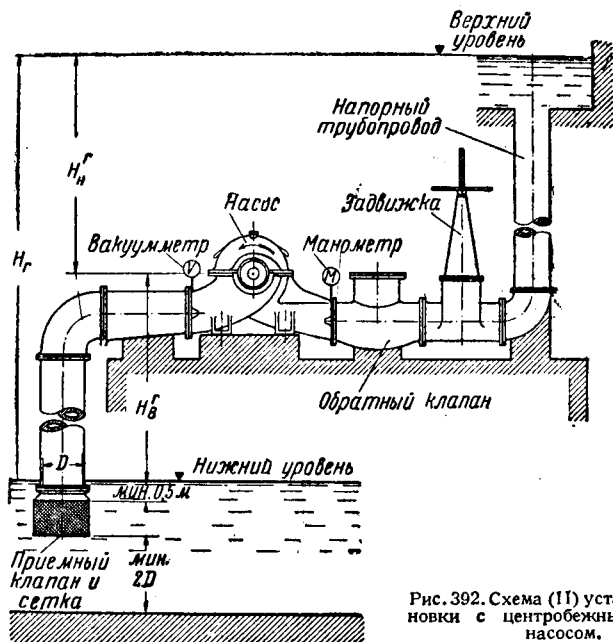


Рис. 392. Схема (II) установки с центробежным насосом.

патрубок одним концом примыкает (с небольшим зазором) к центральной части рабочего колеса, образуя с ней общий канал; другим концом он плотно соединяется при помощи фланцев и болтов со всасывающей трубой, идущей от водоисточника. Нагнетательный патрубок служит для соединения насоса с нагнетательной трубой; если он делается коническим, то выполняет роль диффузора, служащего для преобразования кинетической энергии воды в давление.

В одних насосах вода поступает из всех каналов рабочего колеса непосредственно в кожух (улитку, спираль), в других она сначала попадает в каналы направляющего аппарата (рис. 393), назначение которого — создать плавный переход воды из рабочего колеса в камеру насоса. Лопатки направляющего аппарата делаются обычно неподвижными; в последнее время стали изготовлять большие насосы и с подвижными

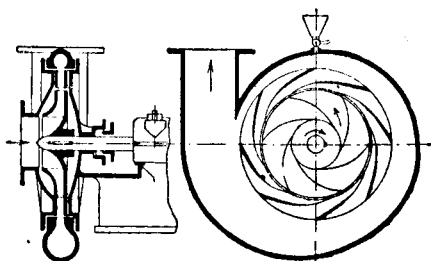


Рис. 393. Одноколесный центробежный насос с направляющим аппаратом.

(поворотными) лопатками, применяемыми главным образом в насосах для питания гидравлических аккумуляторов.

Кроме того, делаются и безлопаточные направляющие аппараты; такой направляющий аппарат носит название кольцевого диффузора.

4. Центробежный насос может начать работу только в том случае, когда он и всасывающая труба заполнены водой. При быстром вращении рабочего колеса насоса находящаяся в его каналах вода приобретает центробежную силу; под действием этой силы вода приходит в движение от центра колеса к его периферии. В результате такого движения воды: 1) в центре колеса образуется вакуум (разрежение), вызывающий приток сюда воды из всасывающей трубы под действием атмосферного давления на воду в источнике, 2) на периферии колеса выходящая из него с большой скоростью вода замедляет течение при переходе в кожух, что, как это следует из уравнения Бернулли, ведет к преобразованию кинетической энергии движения воды в энергию давления; тому же способствуют направляющий аппарат и диффузор, если они имеются.

### § 53. Коэффициент полезного действия (к. п. д.) центробежного насоса

Общий коэффициент полезного действия насоса:

$$\eta_n = \frac{N_n}{N_e}; \quad N_n = \frac{\gamma Q H}{75} \text{ л. с.} = \frac{\gamma Q H}{102} \text{ квт,}$$

где  $N_n$  — полезная мощность насоса в поднятой воде;

$N_e$  — мощность на валу насоса в лошадиных силах или киловаттах;

$\gamma$  — 1000 кг — вес 1 м<sup>3</sup> воды;

$Q$  — секундный расход насоса в кубических метрах;

$H$  — полный (манометрический) напор насоса (в метрах),

$$\eta_n = \eta_{об} \cdot \eta_m \cdot \eta_z;$$

Произведение  $\eta_z \cdot \eta_{об}$  составляет так называемый индикаторный коэффициент полезного действия насоса ( $\eta_i$ ):

$$\eta_i = \eta_z \cdot \eta_{об};$$

$\eta_{об}$  — объемный коэффициент полезного действия насоса, учитывающий щелевые потери и циркуляцию воды вокруг кольцевого диска рабочего колеса;

$\eta_m$  — механический коэффициент полезного действия, учитывающий потери энергии, вызываемые главным образом трением дисков рабочего колеса о воду, находящуюся между колесом и корпусом насоса (дисковые потери), а также потери от трения в подшипниках, сальниках и в разгрузочных устройствах;

$\eta_z$  — гидравлический к. п. д., учитывающий потери энергии на трение и местные сопротивления при движении жидкости в рабочем колесе, в направляющем аппарате, в спирали и в диффузоре;

Объемный к. п. д. ( $\eta_{об}$ ) равен:

$$\eta_{об} = \frac{Q}{Q + Q_{щ}};$$

где  $Q$  — замеренный расход насоса непосредственно за напорным патрубком в кубических метрах в секунду;

$Q_{щ}$  — утечка через уплотнения и через разгрузочный диск, если он имеется, в кубических метрах в секунду.

Величина щелевых потерь зависит: от величины зазора, формы применяемых уплотнений между колесом и корпусом насоса и от разности давлений на сторонах уплотнений. Наибольшая величина утечки в современных насосах малого размера и высокого напора допускается не выше 5%.

Механический коэффициент полезного действия ( $\eta_m$ ) равен:

$$\eta_m = \frac{N_e - N_m}{N_e};$$

где  $N_e$  — мощность на валу насоса;

$N_m$  — мощность, потерянная на механическое трение;

Величина дисковых потерь на одно колесо выражается зависимостью:

$$N_D = A n^3 D_2^5,$$

где  $N_D$  — мощность в лошадиных силах, затраченная на дисковое трение;

$A$  — постоянная, зависящая от коэффициента трения;

$n$  — число оборотов в минуту;

$D_2$  — внешний диаметр рабочего колеса в метрах.

Из формулы видно, что уменьшение диаметра за счет увеличения числа оборотов снижает дисковые потери.

Гидравлический коэффициент полезного действия  $\eta_g$  равен:

$$\eta_g = \frac{H_t - h_z}{H_t};$$

где  $H_t$  — теоретический напор в метрах при конечном числе лопаток;

$h_z$  — напор в метрах, теряемый на сопротивление при движении жидкости от входа в насос до выхода из него.

Уменьшению гидравлических потерь способствует плавность движения воды на поворотах, медленное изменение скоростей течения внутри насоса и меньшая шероховатость стенок каналов.

Из сказанного о коэффициенте полезного действия центробежного насоса следует, что для повышения  $\eta_m$  необходимо повышать его составляющие:  $\eta_{об}$ ,  $\eta_m$ ,  $\eta_g$ .

## § 54. Высота напора центробежного насоса

Если вода нагнетается под уровень, то вертикальное расстояние между нижним и верхним уровнями ( $H_z$ ) называется геодезической (или геометрической) высотой подъема (рис. 392).

Если вода имеет свободный излив, то геодезической высотой подъема ( $H_z$ ) будет называться вертикальное расстояние от нижнего уровня до центра сечения трубы на излив (рис. 391).

Геодезическая высота подъема в центре насоса делится на геодезическую высоту нагнетания ( $H_n^c$ ) и геодезическую высоту всасывания ( $H_s^c$ ) (рис. 391 и 392):

$$H_z = H_n^c + H_s^c$$

( $H_s^c$  может быть отрицательной величиной, если центр насоса находится ниже уровня в источнике).

Полной высотой напора насоса ( $H$ )\* называется сумма геодезической высоты ( $H_z$ ) и потери напора ( $h_w$ ) во всасывающей и нагнетательной трубах:

$$H = H_z + h_w;$$

или

$$H = (H'_0 + h_s) + (H''_H + h_d),$$

где  $h_s$  — потеря напора во всасывающей трубе.

$h_d$  — потеря напора в нагнетательной трубе.

Сумма  $H'_0 + h_s = h_{vac}$  называется вакуумметрической высотой всасывания.

Сумма  $H''_H + h_d = h_{man}$  называется манометрической высотой нагнетания.

Так как при измерении  $H$  по манометру и вакуумметру величины  $h_{vac}$  и  $h_{man}$  должны относиться к центру насоса, а показания этих приборов в действительности соответствуют: в манометре (заполнен водой) — центру манометра, в вакуумметре (не заполнен водой) — концу его трубки в воде, то в показания манометра и вакуумметра вносятся поправки, обозначенные на рис. 391 буквами  $z$  и  $y$ .

Кроме того, в измерения по манометру и вакуумметру вносятся поправки на величину скоростных напоров в местах соединения трубок приборов с трубами насоса.

При скорости течения воды в трубе у места присоединения манометра  $v_1$  и скорости течения воды у вакуумметра  $v_2$  поправки соответственно будут равны:

$$\left( + \frac{v_1^2}{2g} \right) \text{ и } \left( - \frac{v_2^2}{2g} \right).$$

Обозначив показание манометра в метрах водяного столба через  $H_{ман}$  и показание вакуумметра — через  $H_{вак}$ , получим:

$$H = H_{ман} + H_{вак} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \pm z \mp y.$$

Знак (+) или (−) при  $z$  и  $y$  берется в зависимости от того, выше или ниже центра насоса находятся центр манометра и конец трубки вакуумметра. По рис. 391 полная высота напора насоса будет равна:

$$H = H_{ман} + H_{вак} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + z - y.$$

Для предварительных расчетов при проектировании полная высота напора определяется по формуле  $H = H_z + h_w$ , при этом потери напора ( $h_w$ ) определяются по общим правилам гидравлики (см. «Гидравлический справочник» акад. Павловского, изд. 1937 г., и «Справочник по гидротехнике и мелиорации», т. I, стр. 299—308).

\* Часто эта высота ( $H$ ) называется манометрической высотой напора.

## § 55. Основное уравнение работы центробежного насоса

Основное теоретическое уравнение работы центробежного насоса имеет вид:

$$H_{t\infty} = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2 - u_1 c_1 \cos \alpha_1}{g},$$

где  $H_{t\infty}$  — теоретическая высота напора, создаваемая рабочим колесом насоса при бесконечном числе лопаток;

$g$  — ускорение силы тяжести ( $9,81 \text{ м/сек.}^2$ ), остальные обозначения — по рисунку 394;

$u_2$  — окружная скорость вращения колеса по внешнему диаметру;

$c_2$  — абсолютная скорость выхода воды из колеса;

$\alpha_2$  — угол между  $c_2$  и  $u_2$ ;

$u_1, c_1, \alpha_1$  — аналогичные обозначения, относящиеся ко входу воды в колесо.

Уравнение упрощается, если учесть, что обычно (при отсутствии направляющего аппарата перед входом) вода вступает в колесо почти по направлению радиуса и, следовательно, скорости  $c_1$  и  $u_1$  составляют между собою угол  $\alpha_1 \approx 90^\circ$ , при котором  $\cos \alpha_1 = 0$ . Тогда окончательная форма теоретического уравнения работы насоса будет:

$$H_{t\infty} = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g}.$$

Это уравнение служит исходным в расчетах центробежных насосов.

Для перехода от теоретического уравнения работы насоса к уравнению, характеризующему его действительную работу, в теоретическое уравнение вводятся поправки: 1) на конечное число лопаток и 2) на гидравлические сопротивления в насосе. При конечном числе лопаток сказывается влияние циркуляции жидкости, выражающееся в некотором смещении направления скоростей в выходном параллелограмме, в результате чего поправка в теоретическом уравнении выразится коэффициентом смещения (циркуляции):

$$\lambda = \frac{c'_2 \cos \alpha'_2}{c_2 \cos \alpha_2}.$$

Насосно-турбинный завод № 3 им. М. И. Калинина для определения  $\lambda$  рекомендует формулу:

$$\lambda = 0,61(z - 3)^{0,18},$$

где  $z$  — число рабочих лопаток колеса.

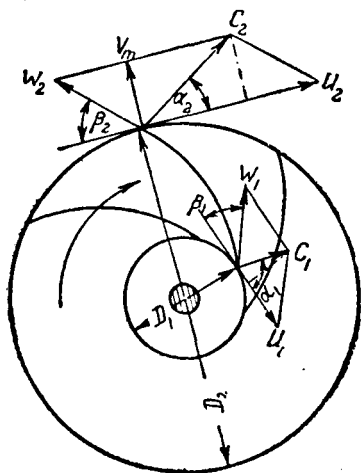


Рис. 394. Диаграмма скоростей движения воды в рабочем колесе.

Гидравлические потери в насосе (на удар и на трение) учитываются гидравлическим коэффициентом полезного действия ( $\eta_z$ ):

$$\eta_z = \frac{H}{H_t} = \frac{H_t - h_z}{H_t},$$

где  $H$  — действительный напор насоса;

$H_t$  — теоретический напор насоса при конечном числе лопаток;

$h_z$  — гидравлические потери в насосе (в рабочем колесе, направляющем аппарате, спирали).

Гидравлический к. п. д. ( $\eta_z$ ) обычно определяется опытным путем; при предварительных расчетах возможно применение формулы Рюхи:

$$\eta_z = \frac{\eta_{z\infty}}{1 + \frac{0,25}{VQ}},$$

где  $\eta_{z\infty}$  — гидравлический к. п. д. при бесконечном числе лопаток;

для насосов без направляющего аппарата  $\eta_{z\infty} = 0,945$ , для

насосов с направляющим аппаратом  $\eta_{z\infty} = 0,905$ ;

$Q$  — расход насоса в литрах в секунду.

С учетом коэффициентов  $\lambda$  и  $\eta_z$  получим действительное основное уравнение работы насоса

$$H = \eta_z \cdot \lambda \cdot \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g};$$

по умножении и делении на  $2u_2$  можно написать:

$$H = \eta_z \lambda \frac{2c_2 \cos \alpha_2}{u_2} \cdot \frac{u_2^2}{2g},$$

или, обозначив  $\eta_z \lambda \frac{2c_2 \cos \alpha_2}{u_2}$  через  $R$ , будем иметь для одноступенчатого насоса:

$$H = R \frac{u_2^2}{2g};$$

где  $R$  — коэффициент напора.

По Пфлейдереру, при предварительных расчетах для радиальных насосов нормальных размеров обычной конструкции можно принять (в метрической системе):

для насосов без направляющего аппарата  $R = 0,7 \div 1,0$ ,

для насосов с направляющим аппаратом  $R = 0,93 \div 1,1$ .

Ту же формулу для определения напора ( $H$ ) можно представить;

на основании равенства  $u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60}$ , так:

$$H = \delta n^2 D_2^2,$$

где коэффициент  $\delta$ , по Пфлейдереру, будет равен:

для насосов без направляющего аппарата  $\delta = 0,0001 \div 0,00014$ ;

для насосов с направляющим аппаратом  $\delta = 0,00013 \div 0,00015$ ;

$D_2$  — внешний диаметр;

$n$  — число оборотов в минуту.

## § 56. Рабочая характеристика центробежного насоса

1. Рабочей характеристикой центробежного насоса называется графическое изображение зависимости (при постоянном числе оборотов) между производительностью ( $Q$ ), напором ( $H$ ), мощностью ( $N$ ) и коэффициентом полезного действия ( $\eta$ ). Основной рабочей характеристикой называется зависимость между  $Q$  и  $H$  (обозначается: « $Q-H$ »).

Теоретическое уравнение основной рабочей характеристики может быть получено из основного теоретического уравнения работы насоса:

$$H_{t\infty} = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g};$$

Подставляя в это уравнение вместо  $c_2 \cos \alpha_2$  его значение из выходного параллелограмма скоростей (рис. 394):

$$c_2 \cos \alpha_2 = u_2 - v_m \operatorname{ctg} \beta_2;$$

и заменяя

$$v_m = \frac{Q}{\pi D_2 b_2}; \quad u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60};$$

после преобразования получим:

$$H_{t\infty} = \frac{\pi^2 D_2^3}{3600 g} n^2 - \frac{\operatorname{ctg} \beta_2}{60g b_2} nQ,$$

где  $v_m$  — меридианальная (в плоскости чертежа — радиальная) скорость; течения воды в колесе;

$b_2$  — ширина колеса на выходе (расстояние между дисками).

Остальные обозначения прежние.

Полученное уравнение является теоретическим уравнением основной характеристики насоса при переменном числе оборотов ( $n$ ); его можно представить в общем виде, заменив постоянные величины значениями  $A$  и  $B$ :

$$H_{t\infty} = An^2 - BnQ.$$

Уравнение при постоянном числе оборотов ( $n = \text{const.}$ ) получим заменив:

$$An^2 = A_1; \quad Bn = B_1.$$

Тогда:

$$H_{t\infty} = A_1 - B_1 Q.$$

Это теоретическое уравнение основной рабочей характеристики ( $Q-H_{t\infty}$ ) при  $n = \text{const.}$  представляет собою прямую линию, направление которой в системе координат ( $Q, H$ ) зависит от величины угла  $\beta_2$ . На рис. 395 изображены теоретические характеристики ( $Q-H_{t\infty}$ ) при различных углах  $\beta_2$ .

Из теоретического уравнения видно, что напор насоса увеличивается с увеличением  $\beta_2$ ; следовательно, конструкции насосов с радиальными ( $\beta_2 = 90^\circ$ ) лопатками и тем более с загнутыми вперед ( $\beta_2 > 90^\circ$ ) лопатками должны создавать больший напор (при одинаковом диаметре и числе оборотов), чем насосы с загнутыми назад ( $\beta_2 < 90^\circ$ ) лопатками. Но, как видно из выходного параллелограмма скоростей, с увеличением  $\beta_2$  уменьшается  $\alpha_2$  и увеличивается (при том же  $u_2$ ) скорость  $c_2$ , что ведет к увеличению гидравлических потерь и к снижению гидравлического к. п. д. Кроме того, колеса с загнутыми вперед лопат-

ками дают менее устойчивую характеристику ( $Q-H$ ) и, как показывает опыт, меньший общий к. п. д. насоса.

Поэтому в настоящее время делаются (почти исключительно) центробежные насосы с загнутыми назад лопатками, с углами  $\beta_2$  обычно от 15 до 36° (меньший угол  $\beta_2$  соответствует насосам более быстроходным, больший угол  $\beta_2$  — менее быстроходным).

2. Увеличения напора на одно колесо насоса можно достигнуть (вместо увеличения  $\beta_2$ ) увеличением окружной скорости колеса ( $u_2$ ) путем увеличения диаметра ( $D_2$ ) или числа оборотов ( $n$ ). Это следует из уравнений:

$$H = \delta n^2 D_2^2 \text{ и } u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60},$$

которые показывают также, что

$$\frac{H}{H_1} = \frac{u_2^2}{u_{21}^2} = \frac{n^2}{n_1^2} = \frac{D_2^2}{D_{21}^2},$$

т. е. показывают пропорциональность напора: квадрату окружной скорости ( $u_2$ ), квадрату числа оборотов ( $n$ ) и квадрату диаметра ( $D_2$ ).

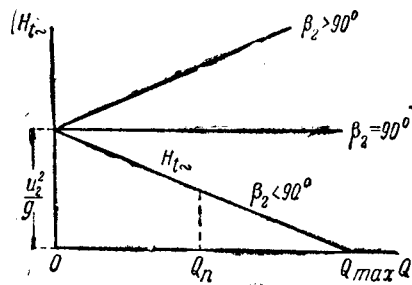


Рис. 395. Теоретические характеристики центробежных насосов с различными углами  $\beta_2$ .

Наибольшая допустимая окружная скорость колеса ( $u_2$ ) зависит от материала, из которого сделано колесо.

Хорошего качества оловянистые бронзы при допуске на растяжение 600 кг/см<sup>2</sup> выдерживают окружную скорость  $u_2$  до 80—85 м в секунду. Рабочее колесо, отлитое из чугуна, допускает предельную скорость  $u_2$  до 35—40 м в секунду и потому применяется при меньших напорах, чем колесо из бронзы. В настоящее время входят в употребление сплавы из менее дефицитных металлов, а также более прочные и более устойчивые против коррозии, например, алюминиевая бронза, кремнистый чугун и др.

3. Действительная рабочая характеристика ( $Q-H$ ) строится на основе теоретической характеристики ( $Q-H_{t\infty}$ ), от высотных координат которой вычитаются потери напора на конечное число лопаток и на гидравлические сопротивления. На рис. 396 изображена схема построения действительной рабочей характеристики насоса (линия  $H_0MC$ ) при постоянном числе оборотов и угле  $\beta_2 < 90^\circ$ .

В гидравлических потерях ( $h_z = h_f + h_s$ ) потери на удар обозначены на рис. 396 буквой  $h_s$ ; точкой  $M$  обозначено место нормальной производительности насоса, соответствующей безударному течению жидкости. От величины  $h_s$  при малых  $Q$  (в левой части чертежа) зависит размер так называемой неустойчивой зоны, в пределах которой могут быть срывы в работе насоса. Это обстоятельство имеет важное значение как при выборе насоса, так и при назначении пределов регулирования его при переменном режиме.

Полная графическая характеристика насоса имеет, кроме кривой ( $Q-H$ ), также соответствующие ей кривую мощности ( $N$ ), кривую коэффициента полезного действия ( $\eta$ ); в последнее время некоторые из наших заводов стали вводить еще кривую предельных высот всасывания и кривую ( $Q-H$ ) для предельно обрезанных колес (уменьшенного диаметра).

Из-за невозможности достаточно точного определения (теоретическим путем) всех гидравлических сопротивлений в насосе рабочие характеристики для практического использования строятся по данным испытания насоса и обычно даются заводами, изготовляющими насосы (см. рис. 414—421).

4. Для удобства сравнения работы насоса при разном числе оборотов и для анализа работы насоса строится так называемая универсальная характеристика насоса.

Построение такой характеристики заключается в том, что по данной характеристике при некотором числе оборотов ( $n$ ) определяются на той же диаграмме координаты точек другой характеристики при другом числе оборотов ( $n_1$ ), затем — при числе оборотов  $n_2$  и т. д. Соединение полученных точек (при новом числе оборотов) плавной линией дает новую кривую характеристики.

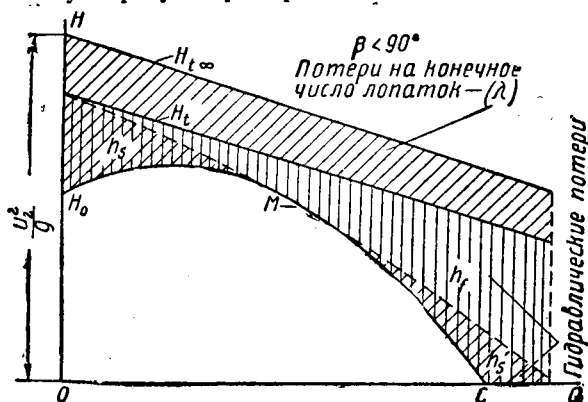


Рис. 396. Схема построения действительной рабочей характеристики центробежного насоса.

Определение координат точек каждой новой кривой ( $Q - H$ ) производят, исходя из соотношений:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1} \text{ и } \frac{H}{H_1} = \frac{n^2}{n_1^2};$$

дающих координаты точки:

$$Q_1 = Q \frac{n_1}{n}; \quad H_1 = H \frac{n_1^2}{n^2};$$

Кривые мощности ( $N$ ) на диаграмме универсальной характеристики строятся по координатам точек, вычисленным по формуле:

$$N_1 = N \frac{n_1^3}{n^3};$$

которая вытекает из отношения:

$$\frac{N}{N_1} = \frac{QH}{Q_1H_1} = \frac{n^3}{n_1^3}.$$

## А<sub>1</sub>. Конструкции центробежных насосов

### § 57. Многоколесные центробежные насосы

1. В простейших насосах вода поступает с одной стороны колеса (односторонний впуск). В таких насосах просочившаяся через зазоры

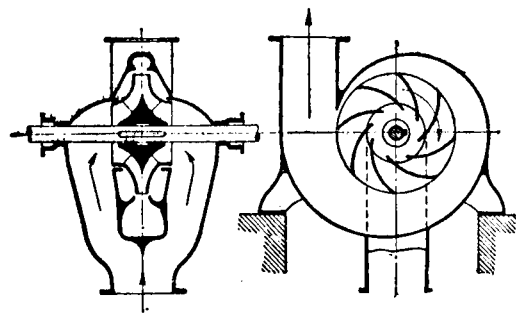


Рис. 397. Центробежный насос с двусторонним впуском воды.

в нерабочее пространство между колесом и корпусом насоса вода передает давление на диски колеса, действуя в одном направлении с равнодействующей по оси, направленной в сторону всасывания (вследствие главным образом разности площадей этих дисков). Осевой сдвиг колеса усложняет работу насоса, вызывая нагрев подшипников вала, истирание колеса и т. д.

Против осевого сдвига (в особенности в насосах с большим напором) устраиваются разного рода приспособления, которые в основном сводятся: 1) к гидравлическим приспособлениям для уравновешения осевого давления (разгрузочные отверстия и т. п.) и 2) к упорам, принимающим на себя избыток давления (шариковая пята и др.).

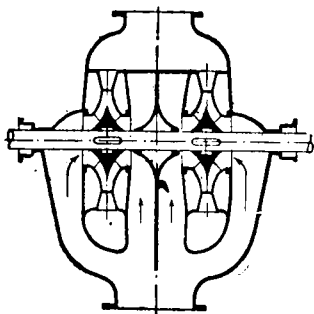


Рис. 398. Многоколесный центробежный насос с параллельным соединением колес.

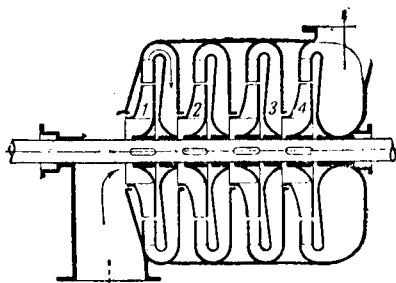


Рис. 399. Многоколесный центробежный насос с последовательным соединением колес.

2. Насосы с двусторонним впуском воды делают в целях устранения главной причины осевого сдвига — неравенства противоположных давлений на диски и в целях увеличения производительности насоса (рис. 397). В рабочем колесе такого насоса лопатки и кольцевой диск со стороны всасывания располагаются симметрично по обе стороны от сплошного диска со втулкой, прикрепленной к валу; поэтому такое колесо является двойным по сравнению с обыкновенным колесом, и, следовательно, работа насоса с двусторонним впуском по расходу воды равна работе насоса с двумя колесами.

3. Для увеличения производительности делаются также насосы с несколькими двойными колесами (рис. 398). В таком насосе вода от общей всасывающей трубы до общей нагнетательной трубы проходит отдельными потоками через каждое одиночное колесо; при этом каждое такое колесо работает независимо, параллельно одно другому. Такие насосы называются многоколесными с параллельным соединением колес.

4. Многоколесные, или многоступенчатые, насосы с последовательным соединением колес делаются для увеличения напора (рис. 399).

В таком насосе общий поток воды проходит последовательно от одного колеса к другому так, что к напору, создаваемому одним колесом, прибавляется напор всех предыдущих колес. При равных диаметрах рабочих колес напор пропорционален числу колес (ступеней); величина напора каждого колеса и коэффициент полезного действия всего насоса принимаются равными напору и коэффициенту полезного действия такого же размера одноколесного насоса при одинаковом с ним числе ( $n$ ) оборотов в минуту.

По условиям главным образом прочности вала число колес в многоступенчатом насосе не делается больше 10—12, а при необходимости иметь большой напор переходят к последовательному соединению нескольких насосов.

Для одновременного увеличения расхода и напора изготавливаются насосы с параллельно-последовательным соединением колес по схеме, изображенной на рис. 400.

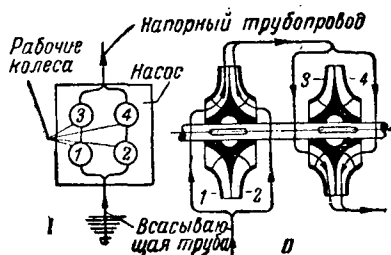


Рис. 400. Центробежный насос с параллельно-последовательным соединением колес.

## § 58. Корпус насоса

Центробежные насосы делаются с разъемом корпуса вертикальным (нормально к оси) или горизонтальным (вдоль оси). Многоколесные насосы с вертикальным разъемом обычно состоят из отдельных (соответственно числу колес) секций, скрепляемых между собою болтами. Такой насос показан на рис. 401.

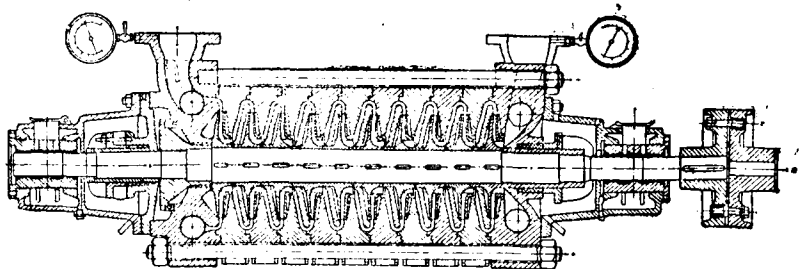


Рис. 401. Секционный центробежный насос (вертикальный разрез).

Насос с горизонтальным разъемом (двухколесный) показан на рис. 402.

Каждый из указанных типов насосов имеет свои преимущества. Секционный насос легче в разборке, лучше сопротивляется внутреннему давлению, допускает серийное изготовление секций, смену их и увеличение числа ступеней (при условии смены вала).

Насос с горизонтальным разъемом (иначе — кожуховый) доступнее для осмотра внутренних частей, допускает разборку с оставлением на месте кожуха и примыкающих к нему трубопроводов, не требуя дополнительной, по сравнению с секционным насосом, выверки всей установки.

В последнее время в Европе предпочитают изготовление секционных насосов, в США — кожуховых.

В многоступенчатых насосах вода от одного колеса к другому может направляться по переточным каналам, иногда располагаемым вне корпуса насоса.

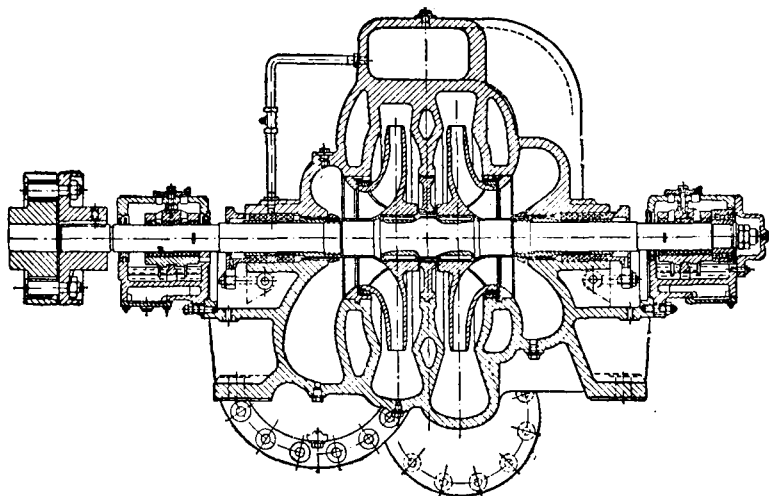


Рис. 402. Центробежный насос с горизонтальным разъемом.

## § 59. Основные отличительные особенности новейших конструкций центробежных насосов США

1. В целях уравнивания осевого давления предпочитают насосы: а) с двусторонним впуском воды в одноступенчатых насосах (в Америке это осуществляется для насосов диаметром свыше 100 мм), б) с парным взаимно противоположным расположением колес в многоступенчатых насосах.

2. Направляющие аппараты отсутствуют; устанавливается специальной формы спираль (volute).

3. Для уменьшения гидравлических потерь напора применяются:

а) камера плавной полуспиральной формы перед входом воды в рабочее колесо;

б) стенки рабочего колеса и корпуса насоса наиболее плавной формы и наиболее гладкие.

4. Уменьшают диаметр рабочих колес в целях уменьшения дисковых

потерь напора от трения их о воду при одновременном увеличении быстроходности насоса (последнее обстоятельство привело к уменьшению допустимой высоты всасывания).

5. Не ставят уплотняющих колец на внешней окружности рабочего колеса, оставляя вместо них зазор размером в среднем 3% от диаметра рабочего колеса.

6. Устраняют горизонтальный разъем корпуса насоса (вдоль вала).

Новейшие конструкции насосов дают значительные преимущества перед старыми в отношении повышения коэффициента полезного действия (до 0,92) и удобства в эксплуатации. Завод им. Калинина и ряд других заводов СССР перешли к освоению и серийному изготовлению насосов новых конструкций по образцу американских\*.

## § 60. Быстроходность насосов

Работа насоса может характеризоваться его коэффициентом быстроходности  $n_s$  (удельное число оборотов). Коэффициентом быстроходности ( $n_s$ ) данного насоса называется число оборотов геометрически подобного ему насоса, потребляющего мощность в 1 л. с. при напоре в 1 м:

$$n_s = 3,65 \frac{n \sqrt{VQ}}{\sqrt{H^3}},$$

где  $n$  — число оборотов данного насоса в минуту,

$Q$  — его расход в куб. метрах в секунду,

$H$  — полный напор в метрах.

В случае многоступенчатого насоса по указанной формуле определяют  $n_s$  для одного колеса, принимая  $Q$  и  $H$ , относящиеся только к одному колесу.

Из формулы следует, что чем больше производительность и число оборотов и чем меньше напор, тем больше быстроходность насоса. С увеличением быстроходности колеса уменьшается отношение диаметров рабочего колеса внешнего к внутреннему  $\frac{D_2}{D_1}$ . Движение воды в

колесе в соответствии с расположением и формой лопаток обычно имеет (при быстроходности для одного колеса):

при  $n_s < 300$  — радиальное направление,

при  $n_s =$  от 300 до 600 — диагональное и

при  $n_s > 600$  — осевое направление.

Так как при  $n_s > 300$  центробежная сила или совсем не участвует в сообщении кинетической энергии воде или участвует лишь частично,

\* См. ниже § 70, и каталоги Главхиммаша 1938 и 1939 гг., также каталог 1939 г., завода № 3 им. М. И. Калинина.

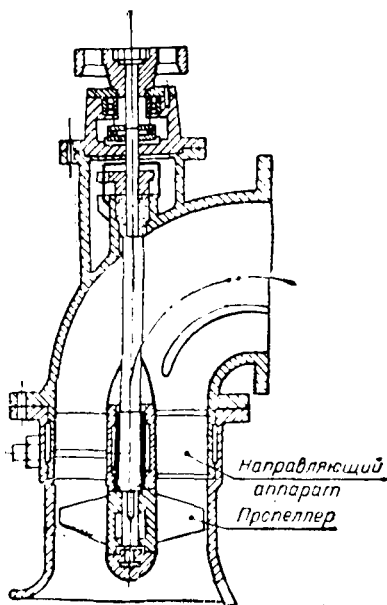


Рис. 403. Пропеллерный насос с вертикальным валом (продольный разрез).

то и насосы, характеризующиеся таким числом оборотов, уже не относятся к собственно центробежным.

Насосы с направлением течения воды в рабочем колесе вдоль оси называются осевыми или аксиальными; к ним принадлежат пропеллерные насосы.

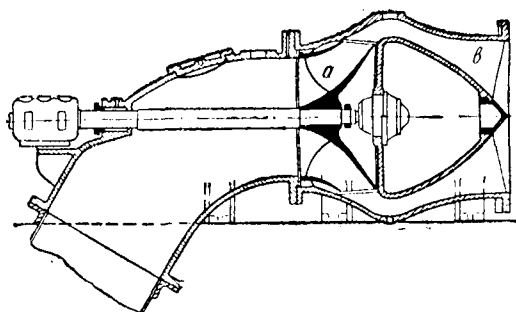


Рис. 404. Винтовой насос с горизонтальным валом.

Насосы с наклонным по отношению к оси направлением течения называются диагональными, полуосевыми или полуаксиальными; сюда относятся винтовые насосы.

Пропеллерный насос с вертикальным валом показан на рис. 403. Винтовой насос с горизонтальным валом показан на рис. 404, где буквою *a* обозначено рабочее

колесо, *b* — направляющий аппарат.

Насосы центробежные, диагональные и осевые часто объединяются одним общим названием «вращательно-лопастных».

Классификация вращательно-лопастных насосов по быстроходности приведена на рис. 405, где через  $n_{s1}$  обозначен коэффициент быстроходности для одного колеса, на рисунке также показано увеличение ширины колеса ( $b_2$ ) с увеличением  $n_s$ .

Центробежные насосы			Колесо диагонального насоса	Колесо пропеллерного насоса
Тихоходное колесо	Нормальное колесо	Быстроходное колесо		
<p><math>D_0 = D_1</math></p> <p><math>n_{s1} = 40 \div 80</math></p> <p><math>\frac{D_2}{D_0} = 2,5</math></p>	<p><math>n_{s1} = 80 \div 150</math></p> <p><math>\frac{D_2}{D_0} = 2</math></p>	<p><math>n_{s1} = 150 \div 300</math></p> <p><math>\frac{D_2}{D_0} = 1,8 \div 1,4</math></p>	<p><math>n_{s1} = 300 \div 600</math></p> <p><math>\frac{D_2}{D_0} = 1,2 \div 1,1</math></p>	<p><math>n_{s1} = 600 \div 1200</math></p> <p><math>\frac{D_2}{D_0} = 0,8</math></p>

Рис. 405. Классификация насосов по быстроходности:

## § 61. Классификация вращательно-лопастных насосов

Общая классификация вращательно-лопастных насосов производится обычно по следующим признакам.

### 1. По конструктивным особенностям:

- а) одноколесные и многоколесные (с параллельным соединением, последовательным соединением и комбинированные);
- б) с направляющим аппаратом и без направляющего аппарата;
- в) с горизонтальным валом и вертикальным валом,

### 2. По направлению струи в рабочем колесе:

- а) центробежные (радиальные),
- б) диагональные,
- в) осевые.

### 3. По высоте напора.

Твердо установленного разграничения по этому признаку нет. Существующие варианты:

Высоконапорные	Средненапорные	Низконапорные
1. Напор $H > 50$ м	Напор $H = 15-50$ м	Напор $H < 15-20$ м
2. Многоступенчатые	Одноступенчатые с направляющим аппаратом	Одноступенчатые без направляющего аппарата
3. $n_2 < 100$	$n_2 =$ от 100 до 200	$n_2 > 200$
4. Последовательное соединение колес	Параллельно-последовательное соединение колес	Параллельное соединение колес

В настоящее время входят в употребление названия насосов по их назначению. Низконапорный насос на большую производительность для ирригационных водоподъемных установок носит название «иригационный насос». Насосы для питания мощных паровых котлов горячей водой на тепловых станциях называются «питательными» насосами. Насосы с паротурбинными приводами называются «турбонасосами». Насосы, устанавливаемые на гидростанциях совместно с турбинами для аккумуляции гидравлической энергии, называются «аккумулирующими». Насосы, устанавливаемые для поднятия воды из шахт, называются «шахтными», для подъема воды из артезианских скважин называются «артезианскими» насосами.

Выше приводится диаграмма для определения предельного напора на одну ступень центробежного насоса в зависимости от  $n_2$  (по И. И. Куколевскому) (рис. 406).

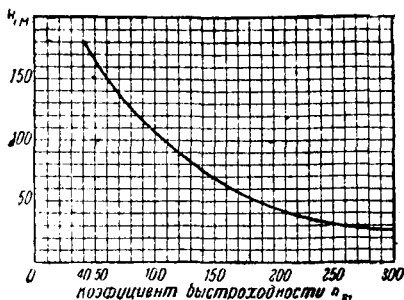


Рис. 406. Диаграмма для определения предельного напора на одну ступень центробежного насоса.

Улучшенные конструкции насосов и применение высококачественных материалов дают возможность повысить допустимые напоры против указанных в диаграмме.

## § 62. Диагональные и пропеллерные насосы

Диагональные и пропеллерные насосы предназначаются для перекачки больших количеств воды с малым напором; они имеют большое значение в ирригации и осушении при небольших подъемах воды. Благодаря большим проходным сечениям эти насосы пригодны для перемещения загрязненных жидкостей.

Коэффициент полезного действия винтовых и пропеллерных насосов доходит до 0,87.

В последнее время применение пропеллерных насосов сильно возрастает, в связи с чем заводы-изготовители стремятся к расширению для них пределов  $n_s$ ; отдельные (не серийные) пропеллерные насосы имеют нижний предел  $n_s$ , близкий к 500, и верхний — около 2 000.

Пропеллерные насосы при одинаковых  $Q$  и  $H$  имеют преимущества перед центробежными и частично перед диагональными насосами в отношении: большей компактности установки и простоты конструкции, меньшей затраты металла, меньшей строительной стоимости, возможности регулирования насосного агрегата при наличии поворотных лопаток в рабочем колесе, большей быстроходности, позволяющей применять двигатели с наибольшим коэффициентом полезного действия.

Обычные вертикальные пропеллерные насосы требуют заглубления рабочего колеса под уровень перекачиваемой жидкости; поэтому в предварительной заливке перед пуском они не нуждаются. Для пропеллерных насосов с горизонтальным валом необходим специальный вакуум-насос, создающий разрежение во всасывающей трубе перед пуском насоса в работу (см. § 63).

## § 63. Припособления для заливки центробежных насосов

1. Для пуска в действие центробежного насоса необходимо, чтобы он вместе со всасывающей трубой предварительно был заполнен водой.

Пуск насоса обычно производится при закрытой задвижке на напорной трубе. Насос сначала заливают, а затем дают ему полное число оборотов, после чего постепенно открывают задвижку. При заливке насоса вытекание из него воды предотвращается приемным клапаном во всасывающей трубе; этот клапан по существу является обратным клапаном. Во время работы насоса приемный клапан находится в приподнятом положении.

Наличие приемного клапана во всасывающей трубе вызывает дополнительные потери напора, величина которых зависит от скорости течения воды, от конструкции и размеров клапана.

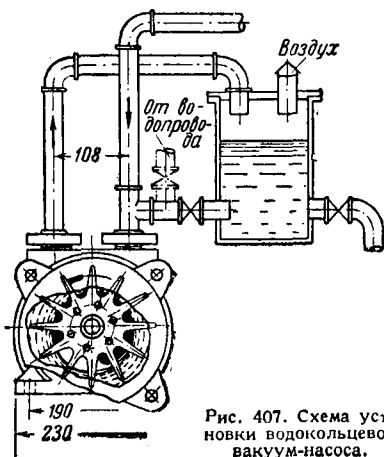


Рис. 407. Схема установки водокольцевого вакуум-насоса.

В крупных насосных станциях, в особенности при большом числе агрегатов, вместо приемных клапанов целесообразно применять вакуум-насосы.

2. В настоящее время наибольшее распространение получают водокольцевые вакуум-насосы «Эльмо» (рис. 407). Такой насос состоит (в основном) из цилиндрического корпуса и эксцентрично расположенных в нем вала и крыльчатого колеса.

Свободное пространство в цилиндре частично заполнено водой, которая при вращении колеса прижимается центробежной силой к стенкам цилиндра, образуя концентрическое (по отношению к ним) водяное кольцо.

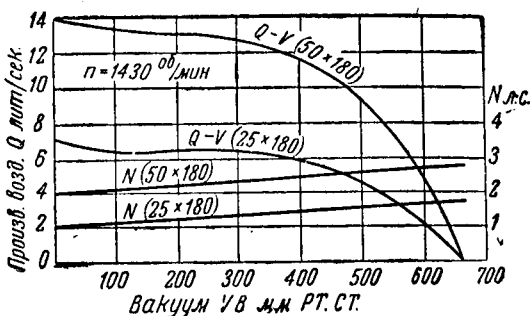


Рис. 408. Характеристика вакуум-насоса «Эльмо».

Объем воздуха, занимающего остальное пространство в цилиндре между водой и колесом, благодаря эксцентричности колеса при вращении то расширяется, то уменьшается почти до нуля. То место цилиндра, где происходит расширение воздуха, соединяется со всасывающей трубой, место же, где происходит сжатие воздуха, снабжается отверстием для выбрасывания его наружу. Таким образом производится выкачивание воздуха из всасывающей трубы насоса.

Насосом «Эльмо» можно достигнуть высокого вакуума — до 98%. Он может служить и в качестве водяного всасывающе-нагнетательного насоса.

Насос «Эльмо» обычно монтируется на одном валу с электромотором, но иногда приводится в движение и с помощью ременной передачи. Водокольцевые вакуум-насосы изготавливаются:

- 1) на заводе им. Фрунзе — марка РМК для потребных мощностей от 1,5 до 70 квт (по каталогу Главхиммаша 1938 г.);
- 2) на заводе «Красный факел» — марка ЭВН. На рис. 408 приведена графическая характеристика вакуум-насоса «Эльмо» двух размеров:
  - 1) ЭВН-8, размер ротора — 50 × 180 мм,
  - 2) ЭВН-4, размер ротора — 25 × 180 мм.

## § 64. Вертикальные центробежные насосы для шахтных колодцев

Эти насосы бывают двух типов — стационарные и подвесные.

а) Стационарные насосы монтируются в железной раме, в которой проходит вал, направляемый подшипниками, расположенными на расстоянии 1,5—2 м один от другого по всей высоте рамы. Размеры шахты должны быть таковы, чтобы насос был доступен для осмотра и мелкого ремонта без подъема его на поверхность (рис. 409).

б) Подвесные центробежные насосы монтируются вместе с мотором в тяжелой железной раме, могущей передвигаться вниз и вверх в зависимости от уровня воды в шахте. Преимущество насоса — в отсутствии длинного вала, соединяющего мотор с насосом. Такие насосы изготавливаются

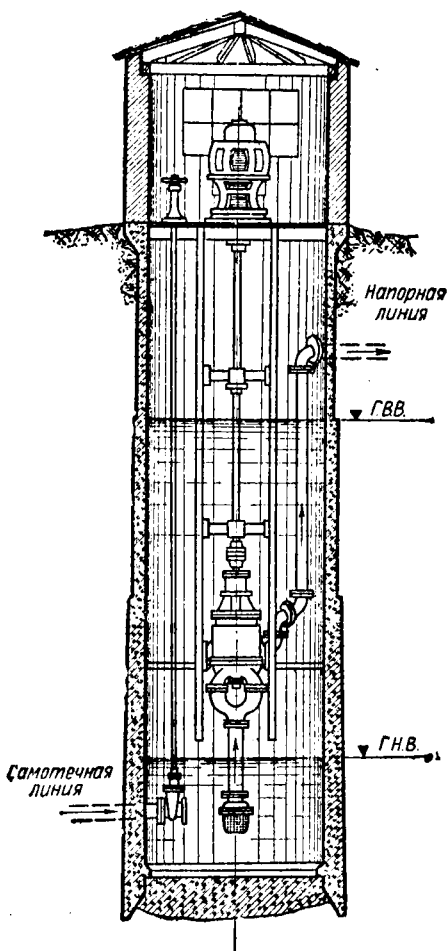


Рис. 409. Схема установки шахтного центробежного насоса.



Рис. 410. Подвесной центробежный насос.

в СССР для производительностей от 25 до 100 м<sup>3</sup> в час и для напоров от 100 до 420 м при 2 950 оборотах в минуту (рис. 410).

### § 65. Вертикальные насосы для буровых скважин: центробежные (радиальные), диагональные и пропеллерные

1. Основные характеристики этих насосов определяются приведенной на стр. 797 таблицей проф. Сурина, из которой следует, что радиальные насосы требуют скважин большего диаметра, чем полуаксиальные и аксиальные. Последние являются поэтому наиболее приспособленными для работы в узких скважинах, приблизительно 100 мм диаметром.

Тип насоса	Конструкция	Отношение
		$\frac{D_{нас}}{D_2}$
Радиальный . . . . .	Нормальный	1,8
Радиальный . . . . .	Сжатый снаружи	1,5
Полуаксиальный . . . . .	Нормальный	1,3
Аксиальный . . . . .	Нормальный	1,1

$D_{нас}$  — внешний диаметр насоса.

$D_2$  — внешний диаметр рабочего колеса.

Глубоководные конструкции представляют собой многоступенчатые насосы с приводом от электромотора, расположенного у поверхности земли. Их отличительные особенности заключаются обычно в конструкции подшипников и системе смазки. На некоторых американских заводах вал насоса делается из нержавеющей стали, подшипники резиновые, смазка от воды. При неизбежности колебаний и небольших перекосов длинного вала эластичные резиновые подшипники имеют большие преимущества перед металлическими.

Схема установки вертикального двухступенчатого насоса с диагональными колесами показана на рис. 411.

2. Вертикальный подводный электронасос, погружаемый вместе с мотором в воду, изготавливается за границей, где существует много различных конструкций этого насоса для буровых скважин; различны и размеры насоса отдельных марок.

Механизм насоса сложный, но насос удобен, компактен; работа его не зависит от колебаний уровня воды в скважине; главное его преимущество — отсутствие длинного вертикального вала. Недостатки: трудность обеспечения полной герметичности корпуса мотора и надежной изоляции кабеля.

Многоступенчатые подводные насосы Сименса изготавливаются диаметром от 240 до 370 мм для обсадных труб диаметром от 275 до 400 мм; имеют производительность до 50 л/сек. при высоте подъема до 200 м.

Одноступенчатые подводные электронасосы («Reda») изготавливаются диаметром от 210 до 320 мм, производительностью от 1,6 до 40 л/сек.; мощность мотора — от 1,1 до 7,4 квт; высота подъема — до 50 м, число оборотов — 2 900 в минуту.

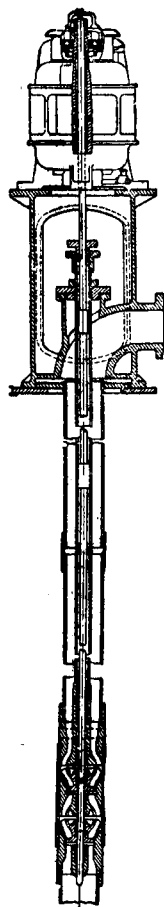


Рис. 411. Схема установки в буровой скважине вертикального двухступенчатого насоса с диагональными колесами.

## § 66. Высота всасывания центробежных насосов

Максимально допустимая высота всасывания насоса при колесах обходной быстроходности ( $n_s$  — от 50 до 200), как правило, не должна превы-

шать 5 м; для быстроходных насосов высоту всасывания ( $h_s$ ) можно ориентировочно определить по формуле:

$$h_s = H_a - \sigma H,$$

где  $H_a$  — высота водяного столба в метрах, соответствующая давлению атмосферы;

$h_s$  — высота всасывания в метрах, включая потери напора;

$\sigma$  — кавитационный коэффициент, наибольшая величина которого берется из следующей таблицы:

а) Значение  $\sigma$  для радиальных центробежных насосов

$n_r =$	80	100	200	300
$\sigma =$	0,04	0,08	0,10	0,17

б) Значение  $\sigma$  для диагональных насосов

$n_r =$	350	400	460	520
$\sigma =$	0,2	0,28	0,38	0,5

в) Значение  $\sigma$  для пропеллерных насосов

$n_r =$	580	640	700	760	820	880	930	1 000	1 100
$\sigma =$	0,25	0,33	0,45	0,6	0,73	0,86	1,00	1,13	1,41

Действительная величина  $h_s$  не должна превышать вычисленную по формуле во избежание появления кавитации.

В СССР предельная высота всасывания ( $h_s$ ) центробежных насосов часто определяется по формуле инж. С. С. Руднева:

$$h_s = H_a - h_n - \frac{n^3}{867} \sqrt{nQ^2},$$

где  $h_s$  — предельная высота всасывания в метрах;

$H_a$  — барометрическое давление в данном месте в метрах водяного столба;

$h_n$  — давление водяных паров (в метрах водяного столба) при наибольшей температуре перекачиваемой жидкости\*;

$n$  — число оборотов насоса в минуту;

$Q$  — расход воды в кубических метрах в секунду.

Для эксплуатационных условий полученное предельное значение  $h_s$  следует уменьшать приблизительно на 25 — 30%.

Для пропеллерных насосов окончательная величина  $h_s$  определяется заводами-изготовителями насосов.

\* Можно принять:

для температуры воды	20°	давление	$h_n = 0,20$ м
»	»	» 30°	» $h_n = 0,35$ »
»	»	» 40°	» $h_n = 0,70$ »
»	»	» 50°	» $h_n = 1,20$ »
»	»	» 60°	» $h_n = 2,0$ »

## § 67. Ориентировочное определение основных размеров рабочего колеса центробежного насоса

Для предварительных определений размеров рабочего колеса в крупных насосных установках (при отсутствии стандартных насосов, изготавливаемых промышленностью) проектировщик может пользоваться следующими формулами:

скорость входа воды на колесо:

$$v_1 = k_{v_1} \sqrt{2gH};$$

окружная скорость на внешней окружности:

$$u_2 = k_{u_2} \sqrt{2gH};$$

при  $\psi$  — коэффициенте стеснения входа воды на колесо, расход определяется из формулы:

$$(\text{от } 1,02 \text{ до } 1,05) Q = \frac{\pi D_1^2}{4} \cdot s \cdot \psi \cdot k_{v_1} \sqrt{2gH},$$

где значение  $s$  для насоса с односторонним входом воды на колесо равно 1, а при двустороннем  $s$  равно 2; при заданном  $n_s$  из формулы можно определить  $D_1$ ; так как  $\frac{D_2}{D_1} = f(n_s)$ , то далее можно определить  $D_2$ , а следовательно, и  $n_s = \frac{60u_2}{\pi D_2}$ . Значения  $k_{v_1}$  и  $k_{u_2}$  можно брать из таблицы:

Таблица значений  $k_{v_1}$  и  $k_{u_2}$

$n_s$	$k_{v_1}$	$k_{u_2}$	$\frac{D_2}{D_1}$	$n_s$	$k_{v_1}$	$k_{u_2}$	$\frac{D_2}{D_1}$
100	0,10	1,01	2,2	400	0,36	1,13	1,2
150	0,14	1,015	1,8	450	0,40	1,16	1,1
200	0,18	1,03	1,65	500	0,43	1,21	1,05
250	0,22	1,05	1,5	550	0,46	1,26	1,0
300	0,30	1,06	1,37	600	0,48	1,34	0,9
350	0,33	1,09	1,3	700	0,55	1,58	0,8
				800	0,60	2,07	0,7

## § 68. Определение условий работы центробежных насосов

Для анализа работы центробежных насосов при различной производительности и напоре, отличающихся от нормальных условий работы, необходимо иметь опытные характеристики насосов или их моделей:

а) кривые  $H = f(Q)$ ,

б) кривые  $N = f(Q)$ ,

в) кривые  $\eta = f(Q)$  при нормальном числе оборотов.

Для определения возможной производительности насоса необходимо построить кривую, называемую характеристикой трубопровода,

$$H = H_z + kQ^2,$$

где  $H_2$  — геодезическая высота подъема;

$k$  — величина, характеризующая гидравлическое сопротивление трубопровода при полном открытии задвижки.

Пересечение характеристики трубопровода с характеристикой насоса дает рабочую точку.

При изменении числа оборотов для построения новых характеристических кривых можно пользоваться законом динамического подобия:

$$\frac{n_1}{n} = \frac{Q_1}{Q} = \sqrt{\frac{H_1}{H}} = \sqrt[3]{\frac{N_1}{N}};$$

При пользовании законом динамического подобия необходимо иметь в виду, что с изменением  $n$  одновременно изменяются и  $Q$ ,  $H$ ,  $N$ .

Метод перерасчета по закону подобия может не дать достаточных гарантий точности в следующих случаях:

а) когда число оборотов при испытании значительно отличается от расчетного (в 1,5—2 раза);

б) при работе насоса в условиях, близких к его максимальной производительности и во всех случаях, где имеется опасность кавитации (на границе допустимой высоты всасывания).

## § 69. Параллельная работа насосов

По экономическим соображениям насосы приходится часто включать в один напорный трубопровод.

Такая работа насосов называется параллельной.

На рис. 412 показана характеристика совместной работы двух одинаковых насосов.

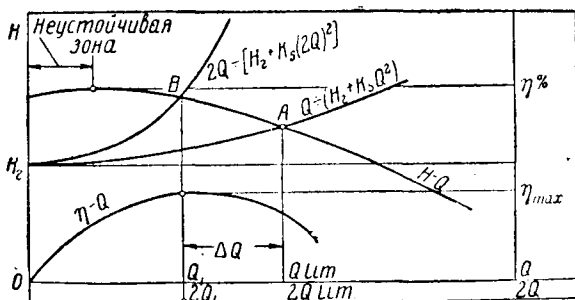
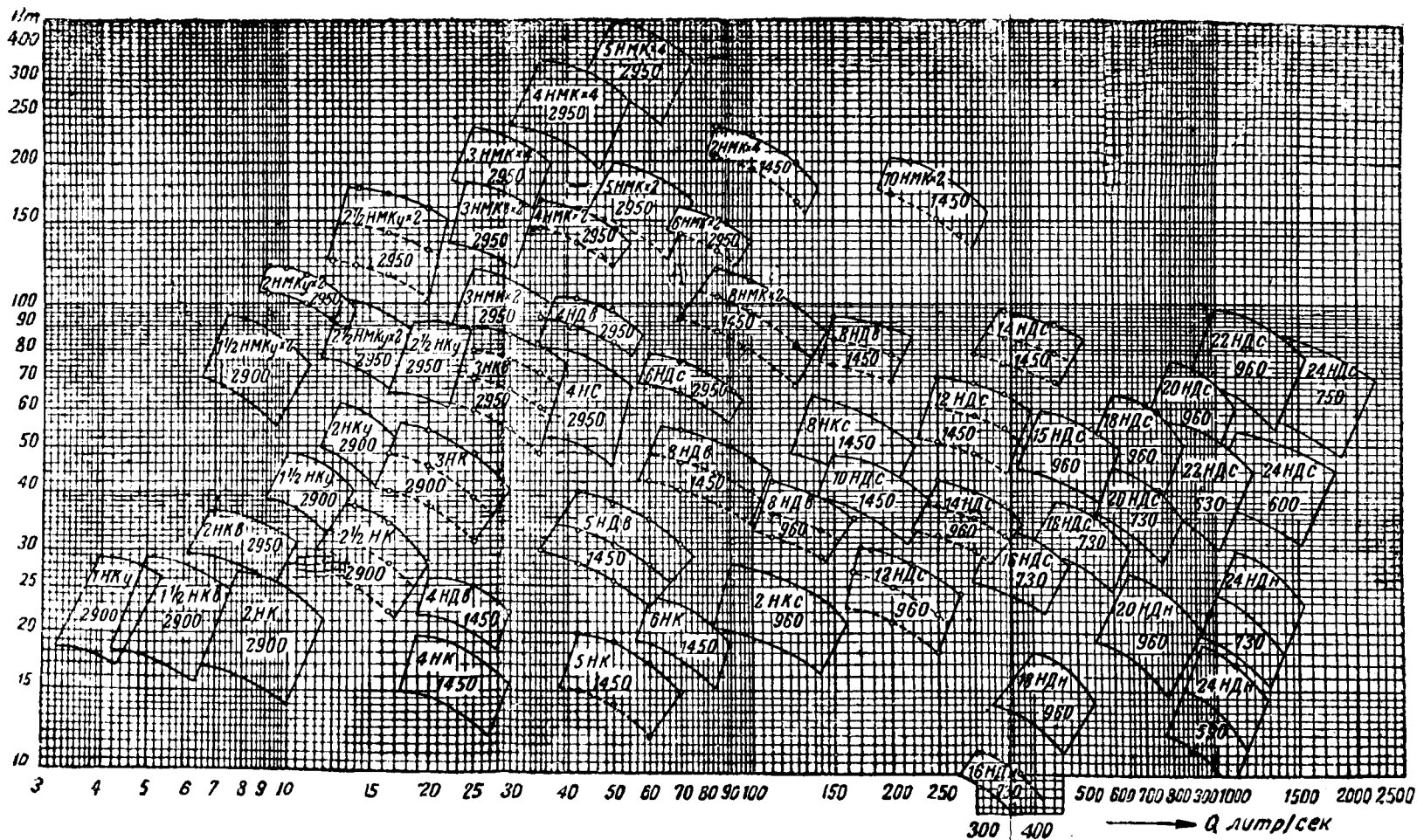


Рис. 412. Характеристика параллельной работы двух насосов.

Пересечение кривой сопротивления трубопровода  $Q = f(H_2 + K_s Q^2)$  с кривой  $Q = f(H)$  дает рабочую точку A, соответствующую расходу  $Q$ ; при параллельной работе кривая сопротивления трубопровода  $Q = f[H_2 + K_s (2Q)^2]$  с кривой  $Q = f(H)$  дает точку пересечения B, соответствующую расходу  $Q_1$  и, следовательно, 2 насоса дадут  $2Q_1$ . Если бы два насоса работали каждый на отдельный трубопровод, то расход составлял бы  $2Q$ . Уменьшение подачи воды при параллельной работе составляет:

$$\Delta Q = 2Q - 2Q_1.$$



Фиг. 413. Сводный график характеристик центробежных насосов новых конструкций

Очень важно для экономичной работы, чтобы каждый насос работал при максимальном коэффициенте полезного действия, для чего необходимо, чтобы  $\eta_{\max}$  лежал на одной вертикали с  $Q_1$ .

**Примечание.** Не при всяком виде кривой возможна параллельная работа насосов; например если диапазон неустойчивой зоны велик, может случиться, что каждый из насосов будет работать при  $Q$ , соответствующем расходу неустойчивой зоны; тогда параллельная работа невозможна.

При различных характеристиках  $Q = f(H)$  двух центробежных насосов, работающих на общий напорный трубопровод, можно построить кривую  $Q = f(H)$  совместной работы двух насосов; абсциссы этой кривой определяют сумму расходов двух насосов, а ординаты — их общий напор.

Кривая  $Q = f(H)$  для двух насосов пересекается с кривой сопротивления трубопровода  $Q = f(H_2 + K_s Q^2)$  в точке  $A$ ; подача каждого насоса будет: первого  $Q_1$  и второго  $Q_2$ .

Насосы должны быть подобраны так, чтобы их кривые  $\eta = f(Q)$  имели максимум соответствующих  $Q_1$  и  $Q_2$ .

**Примечание.** Аналогично можно определить и условия работы 3 насосов на общий напорный трубопровод.

## § 70. Сведения для выбора центробежных и пропеллерных насосов

### 1. Центробежные насосы

Правильный выбор центробежного насоса непосредственно по имеющимся в каталоге таблицам, содержащим, как обычно, точки характеристик лишь при работе насоса с максимальным коэффициентом полезного действия, затруднителен или совсем невозможен; во-первых, потребный расход или напор могут оказаться в значительном интервале между табличными цифрами; во-вторых, работа насоса часто происходит в переменных условиях напора или расхода, и тогда без дополнительных сведений о насосах будут неизвестны результаты этой работы в отношении зависящих друг от друга элементов: напора, расхода, затрачиваемой мощности, коэффициента полезного действия и высоты всасывания.

Правильный выбор насоса требует, чтобы его применение отвечало требуемым условиям работы, не выходя за пределы свойственного данному насосу нормального режима при достаточно высоком коэффициенте полезного действия.

Нельзя, например, для основной работы ориентироваться при выборе насоса на применение задвижки, учитывая, что это снижает коэффициент полезного действия установки; нельзя рассчитывать на увеличение напора путем увеличения числа оборотов без учета снижения при этом допустимой высоты всасывания и т. д.

Весьма ценными при выборе насосов являются графические характеристики; необходимо также знание конструктивных особенностей насосов и вообще знание свойств насоса, вытекающих из теории его работы.

На рис. 413 приведен сводный график характеристик центробежных насосов новых конструкций, к серийному изготовлению которых с 1939 г. перешли наши заводы.

На графике рамками ограничены поля покрытия каждым насосом производительности ( $Q$ ) и напора ( $H$ ) в нормальных условиях работы. В каждой рамке верхняя надпись означает марку насоса, нижняя —

нормальное число оборотов колеса в минуту, соответствующее предназначенному для него типу электродвигателя.

Марка насоса включает в себя условные обозначения некоторых данных о насосе: передняя цифра показывает диаметр напорного патрубка в дюймах, задняя цифра — число колес (ступеней) в насосе; буква *D* означает двустороннее всасывание; буква *K* — консольный насос (рабочее колесо расположено консолью на конце паала); индексы *n*, *c*, *v*, *y* соответственно значат: низконапорный (по быстроходности); средненапорный, высоконапорный и увеличенный.

Пример. В рамке помечено:

$$\frac{2\frac{1}{2} \text{ НМКУ} \times 2}{2950}.$$

Это значит, что насос  $2\frac{1}{2}$ -дюймовый (по нагнетательному патрубку), консольный, увеличенного напора, двухколесный, с числом оборотов 2 950 в минуту.

Пользуясь таким графиком, можно наметить к выбору насосы, подходящие (в первом приближении) к требуемым условиям работы. Дальнейшее уточнение выбора можно получить, сравнивая характеристики насосов.

На рис. 414—421 приведены графические характеристики насосов новых конструкций с напором до 100 м из числа изготавливаемых насосостурбинным заводом № 3 им. М. И. Калинина.

№ рисунка	Марка насоса	Диаметр нормального колеса, мм	№ рисунка	Марка насоса	Диаметр нормального колеса, мм
414	3 НК	210	418	16 НДн	410
415	$2\frac{1}{2}$ НК	178	419	24 НДн	615
416	5 НК	255	420	5 НДв	350
417	8 НДв	525	421	6 НДс	242

При пользовании графическими характеристиками следует иметь в виду:

1. На рисунках сплошные кривые линии относятся к основной характеристике насоса, пунктирные — к тому же насосу с предельно обрезанным колесом.

2. Рекомендуемые условия применения насоса ограничены на кривых ( $Q-H$ ) волнистыми линиями.

3. Допустимая высота всасывания показана двумя линиями, из которых нижняя  $Q-H_{BC}^{ПГ}$  соответствует обозначению  $h_s$  в формулах § 66 и является расчетной. Допустимая высота всасывания от обрезки колес не изменяется.

4. Путем обрезки колес, производимой на заводе, для каждого насоса можно получить несколько характеристик между сплошной и пунктирной линиями ( $Q-H$ ); обрезка может понадобиться, когда паспортная характеристика насоса не совпадает ни с одной из кривых ( $Q-H$ ), изображенных на рисунке.

Для построения новой характеристики надо нанести на ту же диаграмму точку с паспортным значением ( $Q, H$ ) и через нее провести кривую, параллельную ближайшей сплошной или пунктирной линии. Остальные кривые новой характеристики ( $Q-\tau$ ,  $Q-N$ ) строятся по интерполяции между имеющимися на диаграмме соответствующими кривыми.

5. При изменении числа оборотов новая характеристика ( $Q-H$ ) тоже расположится параллельно изображенной ( $Q-H$ ), проведенной че-

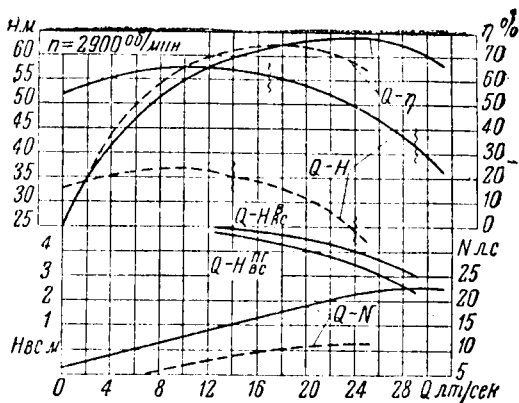


Рис. 414. Характеристика насоса 3НК

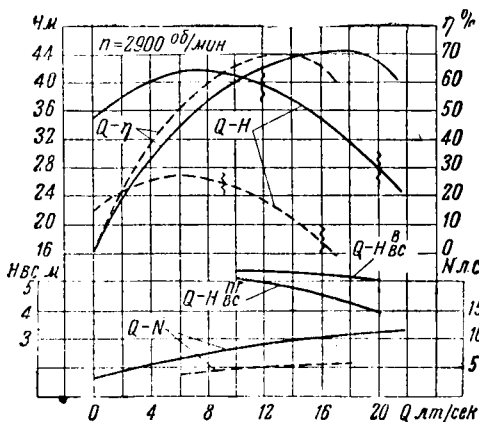


Рис. 415. Характеристика насоса 2 1/2 НК.

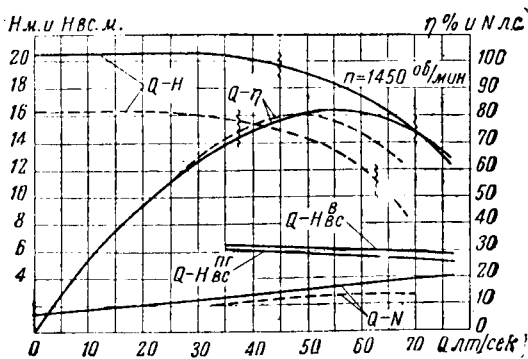


Рис. 416. Характеристика насоса 5НК.

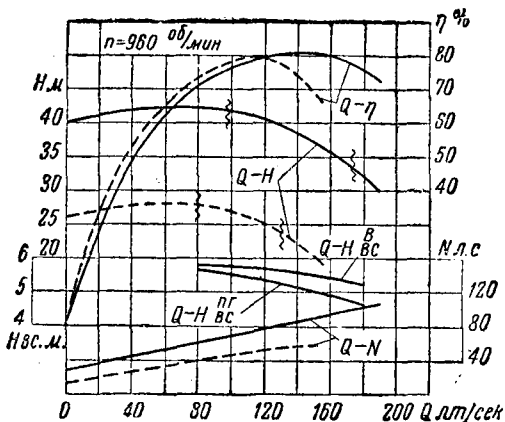


Рис. 417. Характеристика насоса 8НДв.

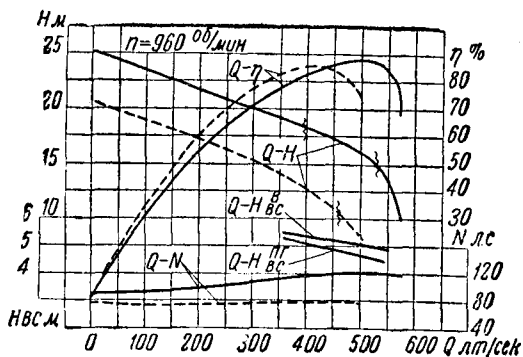


Рис. 418. Характеристика насоса 16НДн.

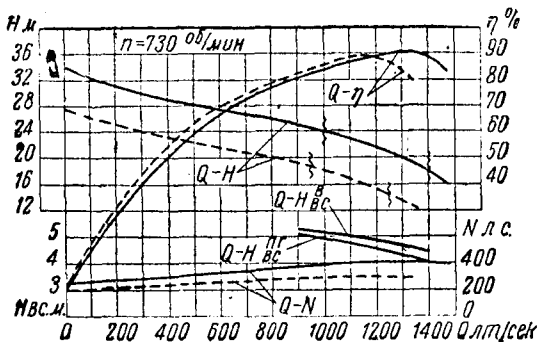


Рис. 419. Характеристика насоса 24НДн.

рез точку  $(Q, H)$  требуемого напора, а новое число оборотов при этом

$$\text{определяется из соотношения } \frac{H}{H_1} = \frac{n^2}{n_1^2}:$$

6. Следует обращать внимание на относительную крутизну характеристики  $(Q-H)$  в пределах применимых напоров и расходов. Эта крутизна может быть выражена отношением:

$$K_{кр} = \frac{H_1 - H_2}{H_2},$$

где  $H_1$  — наибольший из применимых напоров;

$H_2$  — наименьший из применимых напоров.

Крутая характеристика выгоднее, когда изменяется напор при желательности сохранения неизменным расхода; например, падение горизонта воды в источнике слабее уменьшает производительность при крутой характеристике.

Пологая характеристика выгоднее, когда при постоянном напоре расход регулируется задвижкой.

7. Насосы, относящиеся к приведенным на рисунках характеристикам, делаются с горизонтальным валом и горизонтальным разъемом корпуса; соединение с электромотором на одном валу; для мощностей, примерно, до 300 л. с. заводом может быть осуществлена ременная передача при помощи отдельного коньяпривода;

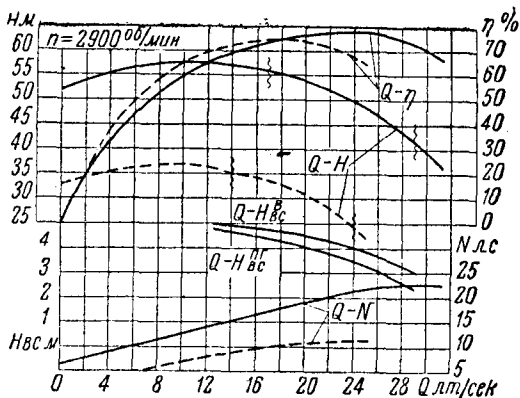


Рис. 420. Характеристика насоса 511Дв.

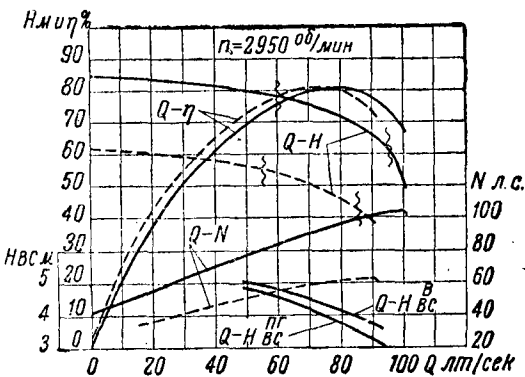


Рис. 421. Характеристика насоса 6НДС.

## 2. Пропеллерные насосы

Пропеллерные насосы изготовляются серийно на заводе «Брец».

Ниже приводится таблица с техническими данными об изготовляемых на этом заводе вертикальных пропеллерных насосах (по сведениям 1940 г.).

Технические данные насосов	Пропеллерные насосы			
	Марки насосов			
	ВП-50	ВП-60	ВП-70	ВП-90
Производительность $Q$ (в литрах в секунду) . . .	600	940	2 000	3 500
Манометрический напор $H$ (в метрах) . . . . .	5,7	6	8	9,7
Число оборотов ( $n$ ) в минуту . . . . .	730	730	730	600
Диаметр рабочего колеса и нагнетательного патруб­ка (в миллиметрах) . . . . .	500	600	700	900
Мощность электромотора (в киловаттах) . . . . .	50	80	240	450

## § 71. Технические условия на поставку центробежных насосов

В технические условия на поставку насосов должны входить следующие пункты:

### 1. Общая характеристика насоса:

- производительность насоса  $Q$  в кубических метрах в час;
- полный (манометрический) напор, включая всасывание и потери, в метрах водяного столба;
- наибольшая допускаемая высота всасывания, измеренная по вакуумметру у всасывающего патрубка насоса в метрах водяного столба или соответствующая высота подпора в тех же единицах;
- мощность на валу насоса в лошадиных силах;
- рабочая характеристика насоса;
- гарантированный коэффициент полезного действия насоса (необходимо оговорить также метод определения коэффициента полезного действия при сдаточных испытаниях).

### 2. Конструктивные данные насоса:

- тип насоса;
- диаметры всасывающего и напорного патрубков;
- тип подшипников и способ смазки;
- способ уравнивания осевого давления;
- прочие наиболее важные конструктивные особенности данного типа насоса.

### 3. Способ привода насоса:

- род двигателя;
- мощность и число оборотов двигателя;
- способ соединения насоса с двигателем: при ременной передаче — размеры шкивов двигателя, при зубчатой передаче — тип редуктора.

### 4. Материалы, из которых сделан насос:

- род материала, из которого изготавливаются основные детали насоса (корпус, рабочее колесо, направляющие аппараты, пал);
- пробное гидравлическое давление корпуса насоса.

**Примечание 1.** В случае жидкости, разъедающей обычный чугун или бронзу, должны быть оговорены специальные материалы, имеющие достаточную сопротивляемость разъеданию.

**Примечание 2.** В случае, если по типу насоса материалы подвергаются значительным напряжениям, близко подходящим к предельно допускаемым (например, насосы с большим числом оборотов — свыше 3 000—4 000 в минуту), могут быть оговорены марки стали для вала, а также временное сопротивление и относительное удлинение для бронзы.

### 5. Свойства жидкости, перекачиваемой насосом:

- температура;
- удельный вес, если он заметно отличается от единицы;

- в) количество взвешенных наносов в воде;
- г) химический состав воды.
- б. *Условия гарантии работы насоса:*
  - а) плавность работы насоса при отсутствии резких ударов и вибраций;
  - б) допускаемый нагрев подшипников;
  - в) пропуск воды через сальник;
  - г) степень допустимости износа частей при эксплуатации;
  - д) способ регулирования насоса, особенно в тех специальных случаях, когда насос снабжен автоматическим регулятором скорости и давления;
  - е) способ испытания и сдачи насоса.

## Б. ПОРШНЕВЫЕ НАСОСЫ

### § 72. Классификация поршневых насосов

- I. По форме поршня насосы делятся на:
  - 1) поршневые с дисковым поршнем; они могут быть с проходным поршнем и с непроходным,
  - 2) плунжерные (скальчатые).
- II. По числу всасываний и нагнетаний, производимых одним поршнем в цилиндре за один двойной (вперед и обратно) ход поршня:
  - 1) насосы одиночного (простого) действия, 2) насосы двойного действия, 3) насосы дифференциальные.
- III. По числу одновременно работающих в насосе цилиндров:
  - 1) одноцилиндровые («симплекс»), 2) двухцилиндровые («дуплекс»), 3) трехцилиндровые («триплекс»).
- IV. По направлению движения поршня:
  - 1) горизонтальные, 2) вертикальные.
- V. По числу двойных ходов поршня в минуту:
  - 1) тихоходные (40÷60 оборотов в минуту), 2) нормальные (60÷100 оборотов в минуту), 3) быстроходные (100÷300 оборотов в минуту).
- VI. По способу передачи силы от двигателя к насосу:
  - 1) приводные, 2) прямодействующие.

### § 73. Производительность поршневых насосов

При предварительных расчетах принимается: коэффициент полезного действия нового поршневого насоса в зависимости от качества изготовления равным 0,7÷0,9; коэффициент наполнения новых, хороших конструкций насосов средних размеров равным 0,9—0,95.

Производительность поршневых насосов определяется по формулам: 1) для насоса одиночного (простого) действия и насоса дифференциального:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot S \cdot \frac{n}{60} \cdot i;$$

2) для насоса двойного действия и насоса с двумя поршнями:

$$Q = \alpha (2F - f) S \cdot \frac{n}{60} \cdot i,$$

где  $Q$  — объем воды, подаваемый в одну секунду;  
 $\alpha$  — коэффициент наполнения, или объемный коэффициент полезного действия насоса; в зависимости от качества насоса  $\alpha$  от 0,85 до 0,99;  
 $F$  — площадь сечения поршня (или плунжера);  
 $S$  — длина хода поршня;  
 $n$  — число двойных (вперед и обратно) ходов поршня;  
 $f$  — площадь поперечного сечения штока поршня (или плунжера);  
 $i$  — число одновременно работающих цилиндров в насосе.

## § 74. Высота всасывания и высота нагнетания поршневых насосов

Высота нагнетания поршневых насосов зависит исключительно от их прочности.

Насосы с дисковыми поршнями применяются для напоров примерно до 60 м, плунжерные — обычно для напоров свыше 60 м.

Высота всасывания зависит главным образом от температуры воды и от числа ходов поршня в минуту. Следующая таблица показывает эту зависимость.

*Высота всасывания в метрах в зависимости от числа ходов поршня и температуры воды*

Число оборотов в минуту	Температура в градусах Цельсия	0	20	30	40	50	60
	50	7,0	6,5	6,0	5,5	4,0	2,5
60	6,5	6,0	5,5	5,0	3,5	2,0	
90	5,5	5,0	4,5	4,0	2,5	1,0	
120	4,5	4,0	3,5	3,0	1,5	0,5	
150	3,5	3,0	2,5	2,0	0,5	0	
180	2,5	2,0	1,5	1,0	0	0	

**Примечание.** Увеличением равномерности движения воды и уменьшением сопротивлений в клапанах в специальных конструкциях доводят высоту всасывания для быстроходных насосов до 5—6 м при температуре воды до 20° Ц.

Число оборотов поршня в минуту, во избежание кавитации, не должно превышать некоторой предельной величины. Наибольшее допустимое число оборотов можно определить по формуле:

$$n_{max} = 30 \sqrt{\frac{F_s \cdot A - A_t - H_s - h'}{F \cdot l_s r \left(1 + \frac{r}{l}\right)}}$$

где  $F_s$  — площадь сечения всасывающей трубы в квадратных метрах;  
 $F$  — площадь сечения поршня или плунжера в квадратных метрах;  
 $A$  — атмосферное давление, выраженное высотой водяного столба, в метрах;  
 $H_s$  — геометрическая высота всасывания в метрах;  
 $h'$  — суммарные потери напора по длине трубы, во всасывающем клапане и др. в метрах;

- $A_t$  — упругость паров при температуре  $t^\circ$  в метрах водяного столба;
- $l_s$  — длина всасывающей трубы от всасывающего воздушного колпака до всасывающего клапана или длина всей всасывающей трубы при отсутствии всасывающего колпака (в метрах);
- $r$  — радиус кривошипа (равняется половине длины хода поршня) в метрах;
- $l$  — длина шатуна в метрах (обычно  $\frac{r}{l} \leq \frac{1}{5}$ ).

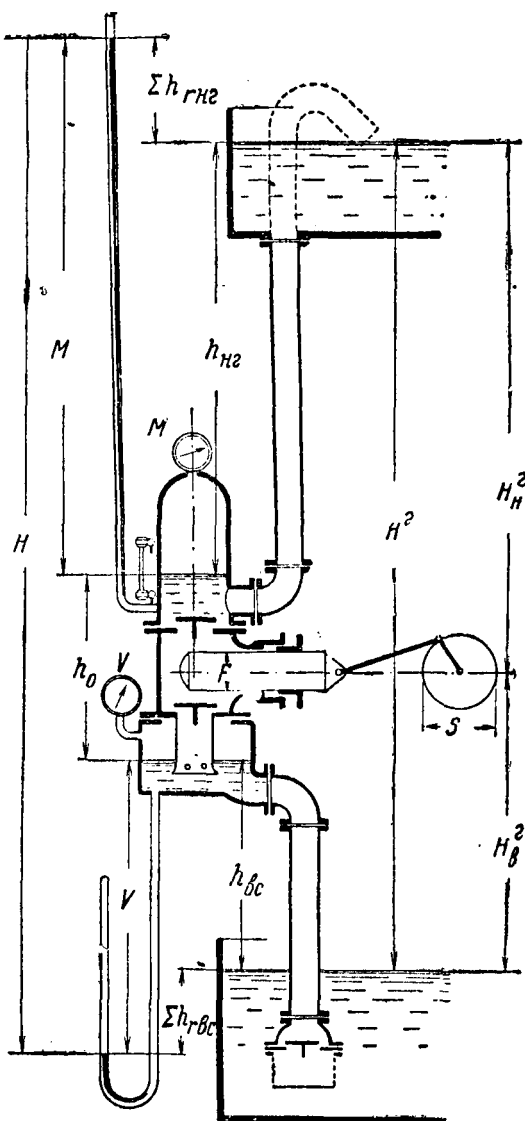


Рис. 422. Схема установки поршневого насоса.

## § 75. Воздушные колпаки в поршневых насосах

1. Поршень насоса, обычно приводимый в движение кривошипным механизмом, движется неравномерно, имея максимум скорости в середине хода и минимумы, равные нулю, в крайних своих положениях. Соответственно такому движению поршня и движению воды в трубах (всасывающей и нагнетательной) происходит неравномерно. Наибольшая неравномерность наблюдается в насосах одиночного (простого) действия. Увеличивая число цилиндров

в насосе и располагая приводные кривошипные их под углом  $\frac{360^\circ}{i}$  (где  $i$  — число цилиндров), можно уменьшить неравномерность движения воды. Большая равномерность подачи воды достигается при нечетном числе цилиндров.

Неравномерное движение воды создает ряд неблагоприятных условий в работе насосной установки, а именно: требуется большая затрата мощности на преодоление сил инерции, увеличивается опасность отрыва жидкости от всасывающей поверхности поршня, увеличивается неравномерность давления на поршень, увеличиваются потери напора на сопротивления и т. п.

Применение воздушных колпаков на всасывающей и нагнетательной линиях поршневых насосов имеет целью создать наиболее равномерное движение воды в трубах.

Схему расположения и принцип действия всасывающего и нагнетательного колпаков можно видеть на рис. 422.

При наличии всасывающего и нагнетательного колпаков неравномерное движение жидкости сохраняется только на коротких участках труб между рабочей камерой насоса и колпаками; поэтому воздушные колпаки должны располагаться возможно ближе к насосу.

Устранение неравномерности движения жидкости при помощи воздушных колпаков считается практически достаточным, если оно соответствует колебанию давления в воздушных колпаках от 1 до 5%.

При наличии воздушных колпаков облегчается пуск насоса без перегрузки двигателя, появляется возможность увеличения числа оборотов насоса и двигателя или возможность увеличения высоты всасывания.

Средний объем воздуха в колпаках ( $V$ ) часто берется (по опыту) кратным рабочему объему ( $FS$ ) насосного цилиндра ( $F$  — площадь поршня,  $S$  — длина его хода):

во всасывающем колпаке насоса простого действия —  $V \approx$  от 5 до 10  $FS$ ;

во всасывающем колпаке насоса двойного действия —  $V \approx$  от 2 до 5  $FS$ ;

в нагнетательном колпаке объем воздуха для насоса простого действия  $\approx$  8  $FS$ ;

при длинных трубопроводах на нагнетательной линии ставится второй воздушный колпак значительно больших размеров (см. ниже).

2. В предварительных расчетах средний объем воздуха ( $V$ ) в колпаках для насоса простого действия можно определять по эмпирическим данным Бетмана, пользуясь формулой:  $V = kFS$ .

а) Для всасывающего колпака значение  $k$  берется в зависимости от высоты всасывания ( $h_{вс}$ ) и числа поворотов (колен) во всасывающей трубе по таблице:

Таблица значений  $k$  для всасывающего колпака

$h_{вс}$	5	6	7	8
$k$	5—8	8—12	12—16	16—20

Большие значения  $k$  при одинаковой высоте всасывания соответствуют большему числу колен.

Временно задерживающийся объем воды во всасывающем колпаке для насоса простого действия равен  $\approx 0,5 FS$ , для насоса двойного действия  $\approx 0,2 FS$ .

б) Для нагнетательного колпака значение  $k$  берется в зависимости от давления ( $M$ ) в нагнетательном колпаке (в метрах), длины нагнетательной линии ( $L$  — в метрах) и числа колен по таблице:

Таблица значений  $k$  для нагнетательного колпака

$M + L$ метров	20	50	100	500	1 000	2 000
$k$	4—6	5—7	6—9	9—13	12—16	16—20

Величина колебания объема воздуха в нагнетательном колпаке приблизительно равна:

для насоса простого действия . . . . . 0,5 FS,  
 для насоса двойного действия . . . . . 0,2 FS.

3. При длинных напорных трубопроводах, когда требуется большого объема колпак, установка которого на насосе неудобна, устраивается (отдельно от насоса) на нагнетательной линии второй (большого размера) воздушный колпак, часто называемый главным или напорным котлом. В этом случае воздушный колпак, устанавливаемый на насосе, рассчитывается на длину нагнетательной линии только до большого котла.

Необходимый объем воздуха в напорном котле, во избежание очень большой перегрузки двигателя, должен быть тем больше, чем меньше допустимая разница в числах оборотов двигателя при нормальной работе и при пуске (например, для электромотора, особенно трехфазного тока, и для двигателя внутреннего сгорания объем должен быть больше, чем для парового двигателя и т. п.).

Объем воздуха в напорном воздушном котле должен быть проверен на достаточность его для преодоления сил инерции воды в трубопроводе. Проверить это можно по формуле:

$$V = \frac{LQ^2}{19,62h_0 \cdot f \cdot a};$$

где  $V$  — наименьший объем воздуха в нагнетательном котле в кубических метрах;

$L$  — длина напорного трубопровода в метрах;

$Q$  — подача насоса в кубических метрах при пуске в работу или средний секундный расход воды при нормальной работе, если пуск происходит сразу на полную производительность насоса;

$h_0$  — абсолютное давление (в метрах водяного столба) в воздушном котле перед пуском насоса;  $h_0 = H_a + h_{нг}$ ;  $H_a$  — атмосферное давление (в метрах водяного столба);  $h_{нг}$  — вертикальное расстояние (в метрах) от уровня воды в котле до сливного отверстия (см. рис. 422).

Величина  $a$  определяется по формуле:

$$a = \ln \frac{h_{max}}{h_0} + \frac{h_0}{h_{max}} - 1,$$

где  $h_{max}$  — максимальное давление (в метрах водяного столба) в воздушном котле; принимается в зависимости от допускаемого для двигателя давления при пуске.

Вычисленное значение  $a$  приведено в таблице.

Таблица значений  $a$

$\frac{h_{max}}{h_0}$	$a$	$\frac{h_{max}}{h_0}$	$a$	$\frac{h_{max}}{h_0}$	$a$
1,00	0,0000	1,35	0,0408	1,70	0,1177
1,05	0,0012	1,40	0,0508	1,75	0,1310
1,10	0,0044	1,45	0,0612	1,80	0,1436
1,15	0,0093	1,50	0,0721	1,85	0,1608
1,20	0,0156	1,55	0,0834	1,90	0,1684
1,25	0,0231	1,60	0,0950	1,95	0,1807
1,30	0,0316	1,65	0,1070	2,00	0,1932

4. Во время работы насоса давление в воздушном колпаке (котле) не остается неизменным, и уровень воды в нем подвержен небольшим колебаниям. Скорости движения воды в трубах вследствие этого не вполне равномерны. Периоды колебаний воды (от толчков, передаваемых поршнем) могут совпадать по времени, создавая тем самым явление резонанса, при котором амплитуды колебания уровней и давление в колпаках возрастают, а установившееся течение воды в трубах нарушается. При резонансе давление в насосе, колпаках и трубах может в несколько раз превысить нормальное рабочее давление с вредными для насосной установки последствиями. Для устранения явлений резонанса рекомендуется производить поверку достаточности объема воздуха в напорном котле по формулам, учитывающим условия возникновения резонанса. При этом можно пользоваться следующей формулой:

$$V = 2 \left( \frac{3000}{z} \right)^2 \cdot \frac{\omega p}{L},$$

где коэффициент 2 введен в запас устойчивости движения воды.

Обозначения:

$V$  — средний объем воздуха в котле в кубических метрах;

$z$  — число ходов поршня; для насосов простого действия  $z = n$ , для насосов двойного действия  $z = 2n$ ;

$\omega$  — площадь сечения нагнетательного трубопровода (в квадратных метрах) от насоса до воздушного котла;

$p$  — максимальное абсолютное давление жидкости в килограммах на квадратный сантиметр;

$L$  — приведенная длина напорного трубопровода:

$$L = l + l_1 \frac{\omega}{\omega_1} + l_2 \frac{\omega}{\omega_2},$$

где  $l$  — длина напорного трубопровода в метрах;

$l_1$  и  $l_2$  — высоты (в метрах) столбов жидкости в первом и втором нагнетательных колпаках;

$\omega_1$  и  $\omega_2$  — площади сечений тех же колпаков (в квадратных метрах).

## § 76. Высота напора поршневого насоса

Полной (манометрической) высотой напора ( $H$ ) поршневого насоса называется сумма геодезической (геометрической, статической) высоты напора ( $H_z$ ) и потерь напора ( $\Delta h_r$ ) на гидравлические сопротивления во

всасывающей и нагнетательной линиях (в трубах и воздушных колпаках).

За геодезическую высоту всасывания насоса с горизонтальным поршнем обычно принимается вертикальное расстояние от нижнего горизонта воды до оси поршня; по рисунку 422 имеем:

$$H = H_g^2 + H_n^2 = h_{gc} + h_{nz} + h_0,$$

где  $h_0$  — расстояние между уровнями воды в воздушных колпаках.

Для насоса с вертикальным поршнем геодезической высотой всасывания является вертикальное расстояние от нижнего горизонта воды до нижней поверхности поршня в верхнем его положении (или до седла нагнетательного клапана, если он расположен выше); геодезической высотой нагнетания здесь будет вертикальное расстояние от нижнего положения поршня до высшей точки подачи; тогда

$$H_2 = H_g^2 + H_n^2 - S.$$

Учитывая незначительную практическую разницу ( $S$ ) в отношении высоты нагнетания, для насоса (как с горизонтальным, так и с вертикальным поршнем) за общую границу между высотой всасывания и высотой нагнетания часто принимают седло нагнетательного клапана.

Для определения полной высоты напора ( $H$ ) при проектировании установки гидравлические потери во всасывающих и нагнетательных трубах подсчитываются по общим правилам гидравлики (см. § 54);

По изображенному на рисунке 422:

$$H = H_2 + \sum h_{rbc} + \sum h_{rnz};$$

где  $\sum h_{rbc}$  — разность уровней в пьезометре и в приемном колодце;

$\sum h_{rnz}$  — разность уровней в пьезометре и в сливном резервуаре.

В готовых насосных установках  $H$  определяется по показаниям манометра и вакуумметра с учетом вертикального расстояния между ними и разности скоростных напоров в местах присоединения приборов к трубам; тогда:

$$H = V + M + h_0 + \frac{v_{nz}^2 - v_{gc}^2}{2g}.$$

Если манометр и вакуумметр присоединены к воздушным колпакам (как изображено на рис. 422), то, принимая скоростные напоры в воздушных колпаках равными нулю, будем иметь:

$$H = V + M + h_0.$$

## § 77. Коэффициент полезного действия (к. п. д.) поршневого насоса

Общим коэффициентом полезного действия насоса ( $\eta_n$ ) называется отношение

$$\eta_n = \frac{N_n}{N_g},$$

где  $N_n = \frac{\gamma QH}{75}$  л. с.  $= \frac{\gamma QH}{102}$  квт — полезная мощность насоса в подня-

той воде;

$\gamma = 1000$  кг — вес  $1 \text{ м}^3$  воды;

$Q$  — секундный расход насоса в кубических метрах;

$H$  — полная (манометрическая) высота напора в метрах;

$N_n$  — мощность, переданная двигателем поршню насоса.

Общий к. п. д. насоса:

$$\eta_n = \eta_m \cdot \eta_{об} \cdot \eta_z.$$

Произведение  $\eta_z \cdot \eta_{об} = \eta_i$  составляет индикаторный к. п. д. насоса.

$\eta_m$  — механический к. п. д. насоса, учитывающий потери мощности на трение поршня о стенки цилиндра и на трение штока поршня в сальнике;

$\eta_z$  — гидравлический к. п. д. насоса, учитывающий потери напора (и мощности) на гидравлические сопротивления при прохождении жидкости через рабочую камеру и через клапанные отверстия;

$\eta_{об}$  — объемный к. п. д. поршневого насоса (называемый иногда коэффициентом наполнения, коэффициентом производительности), учитывающий уменьшение подачи воды ( $Q$ ) по сравнению с теоретической производительностью ( $Q_t$ ) насоса:

$$\eta_{об} = \frac{Q}{Q_t}; \quad Q_t = FS,$$

где  $FS$  — произведение площади поршня на его ход.

Уменьшение производительности поршневого насоса происходит: 1) от проникновения воздуха в рабочую камеру насоса через неплотности в соединениях (сальники и пр.) и путем выделения пузырьков газа из воды при вакууме в рабочей камере; 2) от запаздывания закрытия клапанов, допускающего частично обратный ток воды.

Для устранения обратного течения воды из нагнетательной трубы в рабочую камеру и из рабочей камеры во всасывающую трубу необходимо, чтобы конструкция клапанов соответствовала нормальному числу оборотов поршня в минуту. Запаздывание посадки клапана в седло увеличивается с увеличением числа оборотов поршня против нормального, что весьма важно иметь в виду при проектировании и эксплуатации насосной установки во избежание значительного уменьшения ее коэффициента полезного действия. В зависимости от максимально допустимого числа оборотов поршня конструкции клапанов можно разделить на:

- 1) весовые с числом оборотов  $60 \div 80$  в минуту;
- 2) с принудительной посадкой, применяемой преимущественно в больших насосах с числом оборотов поршня  $60 \div 200$  в минуту (принудительная посадка осуществляется связью поршня с клапаном);
- 3) пружинные с числом оборотов  $130 \div 250$ ;
- 4) специальные конструкции для числа оборотов поршня  $300 \div 500$ .

## § 78. Паровые насосы

Паровые насосы принадлежат к прямодействующим поршневым (скальчатым) насосам, так как усилие парового поршня передается от двигателя непосредственно поршню водяного насоса.

На рис. 423 дан разрез горизонтального парового насоса (плунжерного типа) «Вортингтон» № 4 (по номенклатуре 1936 г.) завода «Пролетарий».

Максимально допустимое давление в водяном цилиндре этого насоса — 12 атм., производительность насоса — до  $15 \text{ м}^3$  в час, число оборотов поршня в минуту — 165, диаметр плунжера — 88 мм, ход плунжера — 127 мм. Паровые насосы марки «Вортингтон» изготавливаются нашими заводами: горизонтальные — производительностью до  $185 \text{ м}^3$  в час, вертикальные — до  $30 \text{ м}^3$  в час.

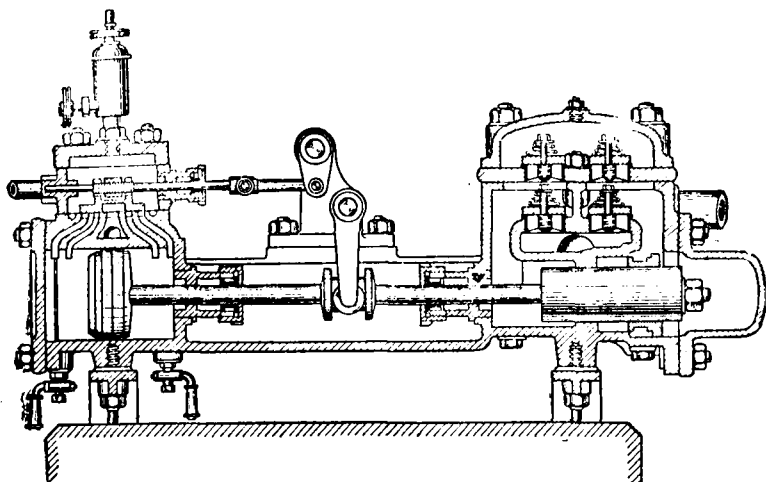


Рис. 423. Паровой насос «Вортингтон» № 4 (вертикальный разрез).

На стр. 816 приводится таблица с характеристиками некоторых типов паровых насосов, изготовлявшихся, по данным 1939 г., на заводах, объединенных трестом Главхиммаш.

## § 79. Приводные поршневые насосы

Приводные поршневые насосы изготавливаются следующих типов:

1) горизонтального типа: одноцилиндровые (двойного действия), двухцилиндровые (сдвоенные двойного действия, или четырехкратного действия), трехцилиндровые (строенные одиночного действия) — трехкратного действия;

2) вертикального типа: одноцилиндровые простого действия, двухцилиндровые (сдвоенные насосы одиночного действия), трехцилиндровые (триплекс — строенные насосы одиночного действия).

На рис. 424 показан горизонтальный приводной одноцилиндровый поршневой насос двойного действия (марки П-2 1936 г.).

См. на стр. 816 таблицу с характеристиками некоторых типов приводных поршневых насосов.

## § 80. Ручные поршневые насосы

1. Насосы «Имагра» двойного действия (рис. 425) пригодны для всяких жидкостей — холодных и горячих, для воды, нефти, керосина, масла. Манжеты поршня допускают перекачивание загрязненных жидкостей без вреда для цилиндра. Для жидкостей, разъедающих кожу, например,

Таблица с характеристиками паровых насосов

Производительность (в куб. метрах в час)	Наибольшая манометрическая высота напора воды (в метрах)	Число двойных ходов поршня в минуту	Диаметр поршня насоса (в миллиметрах)	Ход поршня (в миллиметрах)	Диаметр труб (в миллиметрах)		Габариты (в миллиметрах)			Вес (в килограммах)	Марка или фигура	Завод-изготовитель
					всасывающих	нагнетательных	ширина	длина	высота			
14—40	200	20—58	130	250	100	75	675	1 890	628	700	НПВ-1 3 НПВ-2	«Красный молот» «Пролетарий» «Красный молот»
36—60	100	33—63	150	250	125	100	1 090	1 880	1 320			
40—110	200	18—50	200	350	150	125	1 200	2 960	995	3 600		

Таблица с характеристиками приводных поршневых насосов

Производительность (в куб. метрах в час)	Полная высота напора (в метрах)	Число двойных ходов поршня (в минуту)	Потребная мощность двигателя (в киловаттах)	Диаметр поршня (в миллиметрах)	Ход поршня (в миллиметрах)	Число цилиндров	Размеры шкивов (в миллиметрах)		Диаметр труб (в миллиметрах)	Габариты (в миллиметрах)			Вес (в килограммах)	Марка	Завод-изготовитель	
							диаметр	ширина		всасывающих	нагнетательных	ширина				длина
6	30	50	2,2	100	150	1	370	76	50	50	585	1 150	745	175	К-18 К-20 10Н-1	«Ирбитский подшипник» » Им. Петровского
16	30	45	3,7	150	200	1	710	90	75	75	693	1 405	1 110	425		
10	220	100	11	85	120	3	—	—	75	75	1 313	1 090	1 379	900		

для нефти, поршень вместо кожаных манжет снабжается металлическими пружинными кольцами. Насосы изготавливаются на наших заводах для напоров до 30 м, производительностью: № 1 — 17 л в минуту, № 2 — 27 л в минуту, № 4 — 67 л в минуту (завод «Красный факел»).

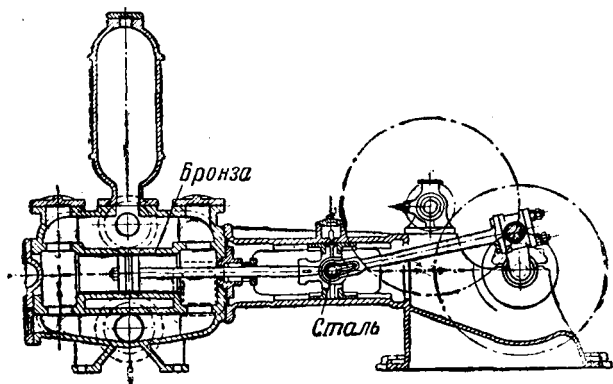


Рис. 424. Приводной поршневой насос (вертикальный разрез).

2. Насосы «Альвейер» — крыльчатые, двухкратного и четырехкратного действия для напоров до 10 м (рис. 426). Насосы пригодны для воды, нефти, керосина и других жидкостей, холодных и горячих. Производительность насосов двухкратного действия № 0 — 18 л в минуту, № 1 — 30 л, № 2 — 36 л, № 3 — 56 л, № 4 — 66 л, № 6 — 106 л, № 10 — 270 л в минуту.

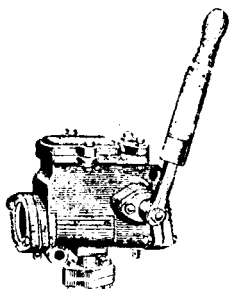


Рис. 425. Ручной насос «Иматра».

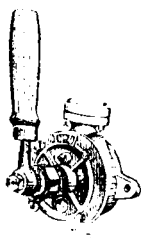


Рис. 426. Ручной насос «Альвейер».

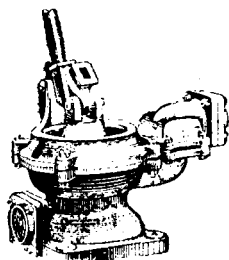


Рис. 427. Диафрагмовый насос.

Производительность насосов четырехкратного действия: № 0 — 25 л в минуту, № 1 — 36 л, № 2 — 46 л, № 3 — 68 л, № 4 — 90 л, № 6 — 125 л, № 10 — 360 л в минуту (заводы «Красный факел», «Знамя труда»).

3. Насосы диафрагмовые изготавливаются с резиновой диафрагмой; пригодны для перекачки грязной воды с примесью песка, ила и т. п. Диафрагмовые насосы делают всасывающие, с высотой всасывания до 6,5 м, и всасывающе-нагнетательные, с общей высотой подъема до 12 м (рис. 427). Производительность тех и других при 30 качаниях в минуту:

при диаметре всасывающих и нагнетательных труб 75 мм — 300 л в минуту, при диаметре труб 100 мм — 400 л в минуту (завод «Знамя труда»).

4. Насосы «Летестю» (рис. 428) — поршневые двухцилиндровые, пригодны для грязной воды с разными примесями. Изготавливаются на наших заводах с диаметрами цилиндров от 150 до 300 мм, ходом поршня 250 мм, производительностью при 40 качаниях от 320 до 1 300 л в минуту; высота всасывания — до 6,5 м (завод «Знамя труда»).

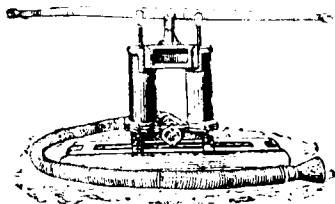


Рис. 428. Насос «Летестю»

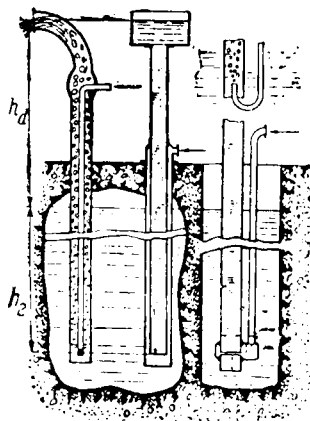


Рис. 429. Схемы эрлифта.

## В. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ, КАПИЛЯРНЫЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВОДОПОДЪЕМНИКИ

### § 51. Эрлифты

1. Эрлифты применяются для подъема воды из глубоководных буровых скважин (рис. 429).

Следующая таблица, составленная по опытным данным американской фирмы Сулливан, показывает числовую зависимость между основными элементами работы эрлифта:

#### Характеристика работы эрлифта

Высота подъема (в метрах) . . . . .	15	30	60	90	120
Процент погружения . . . . .	65—70	55—65	50—55	45—50	40—45
Подача воды в литрах в минуту на 1 см <sup>2</sup> сечения трубы . . . . .	16—17,5	15	10,3—12	9—10,3	9
Потребный объем воздуха на 1 объем поднимаемой воды . . . . .	2—1,8	3,6—2,9	5,85—5,35	8,6—7,9	11,2—10,5

Потребный объем воздуха для подачи воды можно определять по формуле Рикс-Абрамса:

$$V = \frac{H}{c \cdot \lg \frac{H_1 + 10}{10}}$$

где  $V$  — потребный объем воздуха в кубических метрах в минуту на  $1 \text{ м}^3$  поднимаемой воды в нормальных условиях давления и температуры ( $p=1,033 \text{ кг/см}^2$ ,  $t=15,6^\circ\text{Ц}$ ).

$H$  — высота подъема воды (в метрах) от динамического уровня до излива;

$H_1$  — глубина погружения башмака под динамический уровень (в метрах);

$c$  — коэффициент, зависящий от  $H$ ; определяется или по формуле:

$$c = 10 - 0,012 H - 0,00003 H^2,$$

или по таблице:

Таблица значений коэффициента  $c$  в формуле Рикс-Абрамса

$H$ (от — до в метрах)	3—20	21—60	61—150	151—200
$c$	9,8	9,4	8,7	7,5

2. Зависимость между размерами труб и производительностью видна из следующих таблиц.

*а) Зависимость между размерами труб и производительностью для параллельной системы труб*

Диаметр подъемной трубы (в миллиметрах)	Диаметр воздушной трубки (в миллиметрах)	Подача воды (в литрах в секунду)	Наименьший диаметр обсадных труб (в миллиметрах)
50	12—20	2—3	100
75	35—30	6—9	150
100	30—38	12—18	200
150	50—63	30—45	300
200	63—75	60—75	350

*б) Зависимость между размерами труб и производительностью для системы расположения воздушной трубки внутри подъемной трубы*

Диаметр подъемной трубы (в миллиметрах)	Диаметр воздушной трубки (в миллиметрах)	Подача воды (в литрах в секунду)	Наименьший диаметр обсадных труб (в миллиметрах)
52	12,5	2—3	75
75	25	4,5—6	100
100	30	9—12	150
150	50	18—27	200
200	75	36—43	250

Коэффициент полезного действия эрлифтов — в среднем 0,25—0,35.

Подача воды эрлифтом должна быть строго согласована с дебитом скважины, так как понижение уровня в скважине против расчетного сильно снижает к. п. д. установки.

Количество поднимаемой эрлифтом воды возрастает с увеличением подачи воздуха, но до известного предела, после которого начинается уменьшение подачи воды.

К. п. д. эрлифта с увеличением подачи воздуха тоже возрастает до некоторого предела, причем максимальный к. п. д. получается раньше, чем наступит максимальная производительность.

При необходимости отвода воды из подъемной трубы эрлифта по горизонтальному направлению водно-воздушная смесь должна быть предварительно пропущена через воздухоотделитель (сепаратор).

3. Подача воздуха в эрлифты осуществляется компрессорами, преимущественно поршневыми и ротационными.

Размеры и мощность компрессора и двигателя к нему выбираются по каталогам заводов-изготовителей (см., например, прейскурант Главхиммаша 1939 г.).

а) При отсутствии точных данных мощность двигателя к компрессору для предварительных соображений можно определить по формуле:

$$N_{\text{дв}} = \frac{QH}{75 \eta_{\text{уст}}} \text{ л. с.};$$

где  $Q$  — количество поднимаемой воды в литрах в секунду;

$H$  — высота подъема воды от динамического уровня в скважине до излива (в метрах);

$\eta_{\text{уст}}$  — коэффициент полезного действия всей установки, принимаемый в среднем за 0,15—0,20;

$$[\eta_{\text{уст}} = \eta_{\text{эрд}} \cdot \eta_{\text{комп}} \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \eta_{\text{дв}}].$$

б) Мощность компрессора можно определять по теоретической формуле:

$$N_k = \frac{Q p_0 k \cdot 10\,000}{60 \cdot 75 \cdot \eta \cdot (k-1)} \left[ \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \text{ л. с.};$$

где  $Q$  — расход воздуха в кубических метрах в минуту;

$p$  — рабочее давление в компрессоре в абсолютных атмосферах;

$k$  — отношение теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме; принимается (при адиабатическом сжатии)  $k=1,4$ ;

$\eta$  — механический коэффициент полезного действия компрессора, равный 0,85—0,75;

$p_0$  — атмосферное давление.

Компрессоры устанавливаются с запасом мощности 10—15%.

Чаще для определения мощности на валу компрессора пользуются следующей эмпирической формулой:

$$N_k = \varepsilon \cdot \alpha \cdot V \frac{10\,000 (p_2 - 1)}{75} \text{ л. с.};$$

где  $\varepsilon$  — коэффициент, зависящий от качества и состояния компрессора и равный 1,35—1,50;

$V$  — объем подаваемого компрессором воздуха в кубических метрах в секунду при 0° и 760 мм давления;

$p_2$  — конечное давление, создаваемое компрессором, в атмосферах;  
 $\alpha$  — коэффициент, зависящий от давления и охлаждения; определяется по таблице:

Таблица значений коэффициента  $\alpha$  в формуле для определения мощности компрессора

При наличии охлаждения	$p_2$ кг. см. <sup>2</sup>	3		4		5		6		7		8		9	
	$\alpha$	0,61		0,53		0,48		0,43		0,40		0,37		0,34	
Без охлаждения	$p_2$ кг. см. <sup>2</sup>	1,05	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	
	$\alpha$	0,99	0,97	0,94	0,91	0,88	0,86	0,77	0,7	0,65	0,57	0,52	0,47	0,44	

Для приводного компрессора вводят еще коэффициент полезного действия передачи и запас мощности 15—20%.

Одноступенчатые компрессоры обычно применяют для давлений до 5—8 атм. Для больших давлений применяют многоступенчатые компрессоры.

4. Расчетное рабочее давление в компрессоре определяется глубиной погружения эрлифта под динамический (рабочий) уровень воды. Потребное же давление при пуске будет больше на разницу между статическим и динамическим уровнями; этот избыток давления, ввиду его кратковременности, допускается покрывать за счет перегрузки машины.

В тех случаях, когда разница между статическим и динамическим уровнями в скважине настолько велика, что превышает запас мощности компрессора, прибегают к устройству ступенчатого впуска воздуха в подъемную трубу с ручным или автоматическим выключением верхних ступеней после пуска.

Воздух из компрессора обычно поступает сначала в ресивер — резервуар для выравнивания давления. Объем ресивера определяется по формуле:

$$W = \sqrt{KV},$$

Для эрлифтов  $K=0,3-0,5$  ( $K$  увеличивается с уменьшением  $V$ ).

$V$  — объем засасываемого компрессором воздуха в кубических метрах в минуту.

Скорость движения воздуха в газовых трубах принимается от 2 до 8 м в секунду. Потерю давления ( $\Delta p$ ) в воздухопроводе можно определить по формуле Фрицше:

$$\Delta p = \frac{\alpha p v^2 l}{29,2 \cdot T \cdot d};$$

где  $p$  — давление в воздухопроводе в абсолютных атмосферах;

$T$  — абсолютная температура воздуха =  $273^\circ + t^\circ\text{Ц}$ ;

$v$  — средняя скорость движения воздуха в трубе в метрах в секунду;

$d$  — внутренний диаметр воздухопровода в миллиметрах;

$l$  — длина воздухопровода в метрах;

$\alpha$  — коэффициент, зависящий от веса воздуха ( $G$ ), проходящего по воздухопроводу (в килограммах в 1 час), определяется по таблице:

Таблица значений коэффициента  $\alpha$  в формуле Фрише

$Q$	10	40	100	400	1 000	10 000	100 000
$\alpha$	2,03	1,66	1,45	1,18	1,03	0,73	0,52

Вес 1 м<sup>3</sup> воздуха при давлении  $p$  можно определять по формуле:

$$\gamma_1 = 342 \frac{p}{T}$$

При заборе воды эрлифтами из группы скважин делается общая для них компрессорная установка. При этом эрлифты погружаются под динамический уровень приблизительно на одинаковую глубину во всех скважинах.

При необходимости поднимать воду выше поверхности земли подача воды эрлифтами производится только до поверхности земли в резервуар, из которого она нагнетается на требуемую высоту насосами 2-го подъема.

## § 82. Сравнительная характеристика глубоководных насосов

### 1. Поршневые насосы

#### Достоинства:

а) наиболее высокий по сравнению с другими насосами коэффициент полезного действия (0,7—0,9), не уменьшающийся с увеличением высоты подъема;

б) возможность поднимать воду не только на поверхность земли, но и в напорные резервуары;

в) возможность установки одноцилиндровых насосов в скважинах малого диаметра;

г) независимость производительности от создаваемого напора.

#### Недостатки:

а) меньшая производительность небыстроходных насосов по сравнению с другими (одинакового диаметра) насосами;

б) более сложная передача от быстроходных двигателей;

в) требуют строго вертикальных скважин без местных искривлений;

г) быстро портятся при попадании песка в цилиндр;

д) громоздкость штанг и возможность их обрыва.

### 2. Вертикальные центробежные насосы

#### Достоинства:

а) высокий коэффициент полезного действия (0,6—0,7) насосов с большой производительностью;

б) большая по сравнению с поршневыми насосами производительность при одинаковом диаметре скважины;

в) удобство передачи от быстроходных двигателей (электромоторов), имеющих более высокий коэффициент полезного действия;

г) возможность нагнетания воды непосредственно в напорные резервуары или в сеть;

д) равномерность движения воды без дополнительных устройств в отличие от поршневых насосов, в особенности насосов одиночного действия.

*Недостатки:*

- а) уменьшение (до 0,4—0,5) коэффициента полезного действия для малых расходов воды;
- б) уменьшение коэффициента полезного действия с увеличением глубины скважины вследствие увеличения трения вала о подшипники и воду;
- в) требуют строго вертикальных скважин без местных искривлений;
- г) легко изнашиваются при подъеме воды с песком;
- д) затруднительность использования буровых скважин диаметром меньше 100—150 мм радиальными центробежными насосами.

### 3. Эрлифты

*Достоинства:*

- а) простота и надежность устройства благодаря отсутствию движущихся частей в скважине;
- б) высокая производительность по сравнению с поршневыми насосами;
- в) возможность установки в скважинах меньших диаметров (до 75 мм) по сравнению с вертикальными центробежными насосами;
- г) возможность централизованного обслуживания одной компрессорной станцией группы значительно удаленных одна от другой скважин, легкость автоматизации работы станции;
- д) безвредность подъема грязной воды с примесью песка; более легкий, по сравнению с центробежными и поршневыми насосами, вынос песка из насоса на поверхность благодаря большей скорости движения воды и ускорению этого движения вверх в подъемной трубе;
- е) могут работать в наклонных и искривленных скважинах.

*Недостатки:*

- а) малый коэффициент полезного действия самого водоподъемника (0,25—0,35) и большой вследствие этого расход энергии;
- б) уменьшение по сравнению с поршневыми и центробежными насосами коэффициента полезного действия всей установки при заборе воды из одной скважины благодаря наличию промежуточного механизма — компрессора;
- в) часто требуется дополнительное по сравнению с другими насосами углубление скважины для достаточного погружения эрлифта в воду;
- г) невозможность нагнетания непосредственно в сеть и невыгодность подачи выше поверхности земли непосредственно в водонапорный резервуар; необходимость вследствие этого установки насосов 2-го подъема;
- д) образование осадков на стенках водоподъемных труб при наличии в воде солей, в особенности железистых; потребность очистки труб в этих случаях во избежание быстрого разрушения труб и закупорки входных отверстий.

## § 83. Капиллярные насосы

1. Прототипом служит насос проф. Н. Е. Жуковского, состоящий из бесконечной нити или веревки, перекинутой через два желобчатых шкива: верхний, получающий вращение при помощи рукоятки, и нижний натяжной, погруженный в воду. Жидкость смачивает нить и держится на ней вследствие прилипания, при набегании же нити на верхний шкив, вследствие развивающейся центробежной силы, она отбрасывается от нити на

Стенки приемника, кожуха, закрывающего верхний шкив, а затем стекает через отверстие с патрубком.

Такой примитивный насос давал до 2,6 л в секунду на высоту до 13 м при 260 оборотах.

2. Насос второго типа, изобретенный во Франции Besonnet-Favre и названный *Chaîne-hélice* (цепь-винт), известен у нас под названием «Шей-Элис»; он отличается от насоса Жуковского формой цепи. Цепь делается из мягкой оцинкованной стали и состоит из круглых или удлиненных звеньев; в зависимости от требуемой производительности она обвивается снаружи одним или несколькими рядами спирали из такой же стальной оцинкованной проволоки; спираль прикрепляется (через промежутки в 20—30 см) к цепи. Наружный диаметр одиночной спирали — 25—28 мм, а сложной — от 35 до 82 мм. Назначение спиралей — создать большую поверхность прилипания; вода захватывается всем пространством между проволоками спирали и увлекается на большую высоту (до 60 м). Скорость цепи должна быть не меньше 6 м в секунду, вследствие чего при ручном приводе требуется передача. Коэффициент полезного действия — меньше 0,5.

3. Третий тип — английский насос, видоизмененный Лабораторией гидравлических установок (ЛАГУ МИИВХ); у этого насоса бесконечная цепь заменена стальной лентой, на которой укреплены на известных расстояниях друг от друга ячейки в форме трапеции, образованные из стальной же ленты.

Эти водоподъемники характеризуются следующими данными:

Число оборотов вала в минуту . . . . .	ЛАГУ-1				ЛАГУ-2			
	118	135	152	169	136	152	169	
Производительность (в литрах в минуту) .	48	56	65	75	95	106	115	
Расход мощности (в лошадиных силах) при высоте подъема	$\left\{ \begin{array}{l} 10 \text{ м} \\ 20 \text{ м} \\ 30 \text{ м} \end{array} \right.$	0,17	0,20	0,24	0,28	0,35	0,40	0,43
		0,30	0,33	0,41	0,48	0,60	0,67	0,73
		0,40	0,46	0,54	0,63	0,79	0,87	0,96

Водоподъемники системы ЛАГУ изготавливаются двух размеров:

ЛАГУ-1 имеет ширину ячеек 50 мм, а размеры трапециoidalного их сечения  $8 \times 3 \times 15$  мм с двумя отверстиями размером  $4 \times 17,5$  мм;

ЛАГУ-2 имеет ширину ячеек 60 мм, а сечение  $8 \times 3 \times 25$  мм с такими же отверстиями, как и у № 1.

Так как число оборотов вала водоподъемника должно лежать в пределах от 450 до 600, то необходима передача как для ручного привода, так и для механического.

Коэффициент полезного действия водоподъемника равен 0,6 до 0,8 и зависит от высоты подъема и скорости ленты.

Эти водоподъемники выливают поднятую из колодца воду на поверхность земли; если требуется подать воду на некоторую высоту над уровнем земли, приходится прибегать к дополнительной насосной установке. Фирмы Бессоне-Фавр и Карузэль с этой целью изготавливают комбинированные установки; они состоят из расположенных вместе (на одной фундаментной плите) насоса 2-го подъема (например, центробежного или поршневого) и электромотора или двигателя внутреннего сгорания, приводящего в движение одновременно и кашпильный насос.

## § 84. Гидравлические тараны

Гидравлические тараны основаны на использовании для водоподъема силы гидравлического удара в трубах. Гидравлические удары в подводящей (силовой) трубе тарана создаются прерывистым движением воды в ней, осуществляемым при помощи автоматически открывающегося и закрывающегося ударного клапана (рис. 430 и рис. 431).

Размер (номер) тарана определяется диаметром ( $D$ ) его водоподводящей трубы, от которой зависит пропускная способность ( $Q$ ) тарана; при этом учитывается, что такого же диаметра делается и выходное отверстие в коробке ударного клапана.

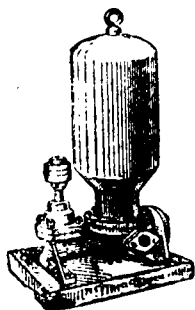


Рис. 430. Гидравлический таран, общий вид.

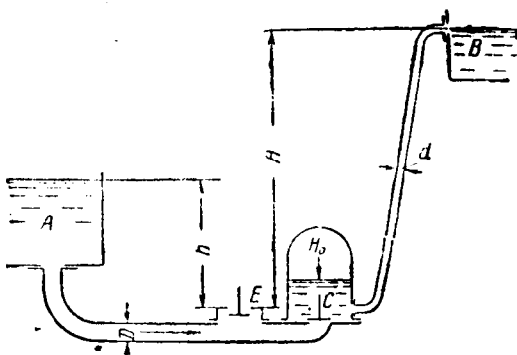


Рис. 431. Схема установки тарана.

Производительность тарана ( $q$ ), т. е. секундная подача воды по нагнетательной трубе, при проектировании может определяться из уравнения работы тарана:

$$q = \tau Q \frac{h}{H}; \quad (1)$$

где  $h$  — высота падения воды, измеряемая от уровня воды в источнике до выходного отверстия в коробке ударного клапана;

$H$  — манометрическая высота нагнетания;

$\tau$  — коэффициент полезного действия тарана, который в предварительных расчетах может быть принят, по Эйтельвейну,

$\tau = 1,12 - 0,2 \sqrt{\frac{H}{h}}$ , а в существующих установках определяется из формулы (1).

Пропускная способность тарана выражается формулой:

$$Q = \alpha Q_0 = \alpha \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{1 + \lambda \frac{l}{D} + \Sigma \zeta}}; \quad (2)$$

где  $Q_0$  — расход при установившемся движении воды в подводящей трубе при открытом ударном клапане (в кубических метрах);

$l$  — длина подводящей трубы в метрах;

$\lambda \frac{l}{D}$  — потери напора по длине подводящей трубы; коэффициент  $\lambda$  берется как для обычных водопроводных труб;

$\Sigma \zeta$  — сумма коэффициентов потерь напора из местные сопротивления; для тарана  $\Sigma \zeta \leq$  от 5 до 10, в среднем около 8, в зависимости от обтекаемости ударного клапана;

$\alpha$  — коэффициент расхода воды; в среднем  $\alpha \leq 0,4$ .

Величину  $\alpha$  — можно изменить в таране регулированием числа ударов клапана в минуту путем изменения веса ударного клапана (нагрузки на него) и длины хода.

Практически целесообразно изменение величины  $\alpha$  в пределах от 0,2 до 0,6.

Если источник дает ограниченное количество воды, то величину  $\alpha$  следует приближать к 0,2, так как при этом получается наибольшая производительность ( $q$ ) за счет уменьшения количества сбросной воды, следовательно, получается наибольший коэффициент полезного действия тарана.

Если же источник имеет избыточный дебит, то величину  $\alpha$  следует приблизить к 0,6, т. е. увеличить пропускную способность тарана; этим будет достигнуто абсолютное увеличение подачи ( $q$ ) воды тараном, хотя относительная подача и коэффициент полезного действия тарана при этом снизятся.

Длину подводящей трубы тарана следует брать не меньше 10 м, так как при меньшей длине получаются неяркие гидравлические удары, снижающие коэффициент полезного действия тарана. Наиболее

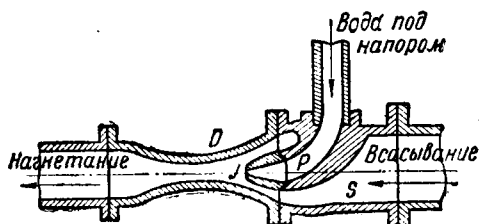


Рис. 432. Водоструйный насос.

эффективная длина подводящей трубы должна удовлетворять значению  $l$  в формуле (2), откуда и может быть получена (при известных  $D$  и  $Q$ ).

Выходное отверстие в таране для нагнетательной трубы изготавливается заводами обычно диаметром ( $d$ ) вдвое меньше, чем подводящая труба.

Необязательно укладывать нагнетательную трубу такого же диаметра, как выходное отверстие, — можно выбрать диаметр ее, исходя из средней скорости движения воды, сообразуясь с потерями напора по длине трубы, стоимостью труб и требуемой производительностью, как и при выборе коэффициента  $\alpha$ . В существующих установках скорости в нагнетательных трубах в среднем равны от 0,3 до 0,5 м в секунду.

В обычных таранах подводящая труба бывает диаметром от 25 до 100 мм; высота падения воды ( $h$ ) в существующих установках — большей частью от 1 до 10 м; высота нагнетания ( $H$ ) воды такими таранами доходит до 100 м. Тараны диаметром  $D$  больше 100—150 мм изготавливаются более прочных конструкций со специальными ударными клапанами (пружинными и т. д.).

Если тараны имеют недостаточную производительность, то устанавливают группу параллельно работающих таранов с общей нагнетательной трубой.

При экономическом сравнении таранов с неавтоматическими водоподъемниками следует брать суточную (не секундную) производительность тех и других, учитывая зависимость неавтоматических водоподъемников от числа смен обслуживающего персонала.

При ограниченности воды в источнике и при большом отношении  $\frac{H}{h} > 15-20$ , когда один таран может работать только с очень низким коэф-

фициентом полезного действия, применяется последовательная установка двух или нескольких таранов (многоступенчатая); такая установка дает значительное повышение коэффициента полезного действия, а следовательно, и большую производительность при том же расходе воды в источнике.

### § 85. Водоструйные насосы

Водоструйные насосы (гидроэлеваторы, эжекторы) могут применяться для откачивания как чистой, так и грязной воды с илом и песком, например, из отстойных камер, колодцев и т. п. (рис. 432).

По данным завода Кертинг, работа эжектора может характеризоваться следующей таблицей:

Отношение рабочего подъема воды к общему подъему	1	3	4	6	9	12	20	30	50	75
Подача воды на единицу объема рабочей воды . . .	0,3	0,7	1,0	1,4	2,0	2,5	3,3	4,4	6,0	7,5
Коэффициент полезного действия . . . . .	0,15	0,23	0,25	0,23	0,22	0,20	0,17	0,15	0,12	0,10

На строительстве канала Москва—Волга применялись гидроэлеваторы усовершенствованных конструкций, изготовлявшиеся на заводах того же строительства, производительностью от 150 л в секунду до 1 200 л в секунду при высоте подъема ( $H$ ) от 6 до 12 м. При этом коэффициент полезного действия гидроэлеватора, повышаясь с уменьшением высоты всасывания, доходил (по данным строительства) до 0,36.

Редактор *И. М. Скорцов.*

Подписано в печать 19/XII 1944 г.  
Лі 85645. 52<sup>3</sup>/<sub>4</sub> печ. л. + вклейка  
<sup>1</sup>/<sub>4</sub> печ. л. 65,65 уч.-изд. л. Тираж  
3 000 экз. Заказ № 67. Цена книги  
в переплете 35 руб.

Отпечатано с матриц в 1-й тип.  
Трансжелдориздата НКПС.

---

1-я тип. Трансжелдориздата НКПС