

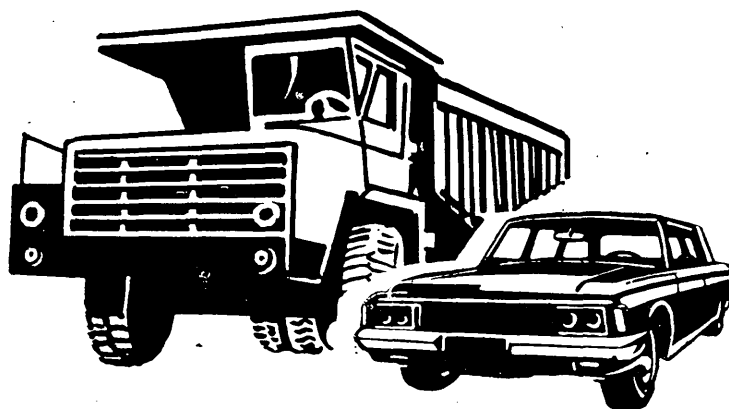
ISSN 0005-2337

**А**

**АВТОМОБИЛЬНАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

**1982**

**10**



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>В. М. БАНДУЛЕТ, С. А. НИКИТИН, Е. А. УСТИНОВ</b> — Строжайшая экономия металла — закон автомобильного производства . . . . .	1
<b>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА</b>	
<b>В. Б. ПАУТОВА</b> — Новаторы отрасли в борьбе за экономию металла . . . . .	4
<b>ДВИГАТЕЛИ</b>	
<b>Э. В. АБОЛТИН, Б. Ф. ЛЯМЦЕВ</b> — Основные направления развития автомобильных турбокомпрессоров . . . . .	6
<b>Ю. П. ГРИГОРЬЕВ, М. Б. ИВАНИЙ</b> — Повышение долговечности гильз цилиндров дизеля . . . . .	10
<b>А. С. КУКУШКИН, М. А. ГРИГОРЬЕВ, В. А. МАСЛЕННИКОВ</b> — Фильтровальные материалы для фильтров тонкой очистки топлива дизелей . . . . .	11
<b>АВТОМОБИЛИ</b>	
<b>А. А. КРЫЛОВ, Р. А. МЕЖЛУМЯН</b> — Расчет кузова легкового автомобиля на прочность методом конечных элементов — один из путей экономии металла . . . . .	13
<b>В. Н. БЕЛОКУРОВ</b> — Пути снижения металлоемкости рам грузовых автомобилей . . . . .	15
<b>О. Я. ЗАСЛАВСКИЙ</b> — Снижение массы и улучшение кинематических характеристик карданного вала . . . . .	18
<b>В. В. ТАБОЛИН, И. Н. РУМШЕВИЧ, Э. Д. ЧИХЛАДЗЕ, В. В. ПИНЧУК</b> — Оптимальное проектирование самосвальных платформ с трехсторонней разгрузкой . . . . .	19
<b>А. Б. ГРЕДСКУЛ, Е. Б. РЕШЕТНИКОВ, В. Я. КУШОВ, В. К. ДОЛЯ, В. П. ВОЛКОВ, В. В. ТАБОЛИН, Н. А. СТРОЕВ, И. Ф. БОБРОВНИК</b> — Дисковый тормоз для автомобилей большой грузоподъемности . . . . .	21
<b>ТЕХНОЛОГИЯ, МАТЕРИАЛЫ</b>	
<b>Г. И. БОБРЯКОВ, В. А. ОБУХОВ, В. Д. РОМАНЧИКОВ</b> — Автоматизированное малоотходное производство точного литья в сухие стопочные формы . . . . .	22
<b>В. Ф. ПЛЕШЕВ</b> — Новый подход к статистическим оценкам точности изготовления изделий . . . . .	24
<b>С. А. ГОЛОВАНЕНКО, М. С. ВАСИЛЕВСКИЙ, Л. М. СТОРОЖЕВА, В. И. ФАЛКОН</b> — Свойства высокопрочной листовой стали для штамповки . . . . .	26
<b>Е. И. НАТАНЗОН, Л. С. ТЕМЯНКО</b> — Полугорячее выдавливание поршневых пальцев . . . . .	28
<b>М. М. ЛЕВИТАН, В. И. ЗАХАРОВ</b> — Хладостойкий высокопрочный чугун с шаровидным графитом для деталей автомобилей . . . . .	29
<b>ИНФОРМАЦИЯ</b>	
На ВДНХ СССР	
<b>В. Б. ПАУТОВА</b> — Они награждены медалями ВДНХ . . . . .	31
Новые нормативные материалы	
<b>Л. М. ГУРОВА, В. М. ЖАРОВ</b> — Государственный стандарт на цинковые литейные сплавы . . . . .	32
Станки и оборудование для нужд отрасли	
<b>В. Ф. РЖЕВСКИЙ, А. З. БРОДСКИЙ</b> — Прессы, автоматы, станки . . . . .	33
<b>А. М. ОХОТСКИЙ, Д. Н. ТОНЯЕВ, М. П. ДЕЙНЕКО, В. Я. ЛАВРИЩЕВ</b> — Модернизированный подающий механизм полуавтомата ПДПГ-500 . . . . .	35
<b>Ю. И. ПОБЕЖИМОВ, Б. Г. РОХЛЕНКО</b> — Стенд для испытания стеклоподъемников . . . . .	35
Новости отечественного автомобилестроения	
<b>К. Ю. СЫТИН, В. И. ГРЫМОВ</b> — Знак качества автомобиля «Москвич-21406» . . . . .	36
<b>В. Б. ЧЕРКУНОВ, А. Е. ТАТАРЧЕНКО</b> — Новое буферное устройство тягово-сцепного механизма автомобиля ГАЗ-53А . . . . .	36
Автомобилестроение за рубежом	
<b>И. А. БАЛАБАЕВА</b> — Алюминиевые сплавы в конструкции грузовых автомобилей . . . . .	37
Конференции, созвещения, семинары	
<b>М. Б. АНДРЕЕВ</b> — Экономическая наука — производству . . . . .	38

Главный редактор А. П. БОРЗУНОВ

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И. В. Балабин, В. М. Бусаров, А. В. Бутузов, А. М. Васильев, М. А. Григорьев, К. П. Иванов, Б. Г. Карнаухов, А. С. Кобзев, В. А. Костров, А. М. Кригер, А. М. Кузнецов, Ю. А. Купеев, И. С. Лунев, А. А. Невелев, И. В. Орлов, А. Н. Островцев, А. Д. Просвирнин, З. Л. Сироткин, Г. А. Смирнов, В. В. Снегирев, С. М. Степашкин, А. И. Титков, Е. А. Устинов, В. А. Фаустов, В. Н. Филимонов (зам. гл. редактора), Б. М. Фиттерман, Н. С. Ханин, С. Б. Чистозвонов, М. М. Шурыгин

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

# АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**10**  
ОКТАБРЬ  
**1982**

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 1930 года

ОРГАН МИНИСТЕРСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*«Обеспечить более рациональное использование материальных, трудовых и финансовых ресурсов как важнейшее условие улучшения сбалансированности развития народного хозяйства и создания необходимых резервов... Экономно использовать материальные ресурсы»*

(Из Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года)

УДК 658.511.2

## Строжайшая экономия металла — закон автомобильного производства

В. М. БАНДУЛЕТ, С. А. НИКИТИН, Е. А. УСТИНОВ

**XXVI** СЪЕЗД нашей партии поставил перед народным хозяйством страны важнейшую задачу по всемерной-экономии материально-технических и трудовых ресурсов на основе широкого внедрения в производство достижений науки и техники. Конкретные направления, пути и средства ее решения определены в Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов».

Реализацией этих направлений заняты все отрасли народного хозяйства, в том числе, естественно, и автомобильная промышленность. Для нее, одного из самых крупных потребителей материальных ресурсов, особо важным объектом экономии был и остается металл, в первую очередь металлопрокат.

В деле экономии металла отрасль, как известно, в последние годы достигла определенных положительных результатов, улучшила качественное использование черных металлов. Например, в производстве грузовых автомобилей расход металла на 1 т грузоподъемности в X пятилетке снижен на 19%, в том числе по автомобилю ЗИЛ-130 — на 98 кг, МАЗ-5335 — на 507 кг, КраЗ — на 700 кг. В связи с тем, что грузовые автомобили и прицепная техника потребляют до 40% используемого отраслью металлопроката, достигнутое сокращение

его расхода является достаточно существенным. Снижен расход и на производство легковых автомобилей: ВАЗ-2101 — на 43 кг, ВАЗ-2103 — на 78 кг, «Москвич-2140» — на 43 кг и ГАЗ-24 — на 67 кг. Удельный расход проката черных металлов (в расчете на 1 млн. руб. промышленной продукции) снизился почти на 15%. Однако исчерпаны не все резервы. Анализ металлоемкости грузовых и легковых автомобилей, выпускаемых в настоящее время, свидетельствует о том, что у некоторых моделей она несколько выше, чем у зарубежных аналогов. Объясняется это, с одной стороны, состоянием автомобильных дорог, особенно в сельской местности, и, как следствие, необходимостью увеличивать запасы прочности автомобильной техники, а с другой — несколько меньшим объемом применения прогрессивных видов проката и новых конструкционных материалов, заменяющих прокат черных металлов.

Снижение массы автомобилей, их металлоемкости и особенно расхода металлопроката, ведется по многим направлениям. Это, в первую очередь, совершенствование конструкций изделий, внедрение прогрессивной технологии, использование экономичных и новых видов металлопроката, а также его заменителей — пластических масс, металлических порошков, легких металлов и их сплавов.

Так, на Кременчугском автозаводе им. 50-летия Советской Украины за счет внедрения некоторых

конструкторских и технологических мероприятий (изменение конструкции рессор в связи с применением для них 1-образного профиля; использование для переднего бампера и пола платформы холодногнутых профилей вместо листового проката; замена для поперечин рамы углеродистой стали на низколегированную) получена годовая экономия около 3 тыс. т металлопроката. На Сердобском машиностроительном заводе производственного объединения «ЗИЛ» замена углеродистой стали для картера заднего моста автомобиля ЗИЛ-130 на низкоуглеродистую сталь 15ГС, а также изготовление заготовок цапф для него методом поперечно-винтовой прокатки позволили сэкономить более 1,5 тыс. т металлопроката в год, сократить трудоемкость обработки, повысить их качество и долговечность. В прессово-сварочном и кузнечно-прессовом цехах объединения более 700 наименований деталей полностью или частично изготавливаются из отходов, за счет чего ежегодно экономится около 5000 т листового металлопроката.

Весьма эффективным направлением экономии металлопроката является применение сталей непрерывной разливки для горячей штамповки деталей автомобилей и двигателей непосредственно из непрерывнолитых заготовок круглого или квадратного сечения, они полностью заменяют металлопрокат. Как свидетельствует опыт ЗИЛа, штамповка из таких заготовок чашки дифференциала заднего моста экономит более 2,5 тыс. т металлопроката в год. Здесь же разработан комплекс мер, реализация которых позволит снизить на ~120 тыс. т расход дефицитного металла.

Заслуживает распространения и опыт Троллейбусного завода им. Урицкого (г. Энгельс), коллективу которого за счет конструкторских и некоторых других мероприятий расход металлопроката на один троллейбус в X пятилетке удалось снизить на 838 кг, а в 1981 г. — еще на 350 кг.

Одним из весьма перспективных направлений по экономии металла является техническое перевооружение предприятий. Хорошим примером такой работы может служить ГПЗ-4 (г. Куйбышев), в новом кузнечно-прессовом корпусе которого устанавливаются 11 автоматических линий для изготовления кузнечных заготовок колец подшипников. Эффективность реализации этого технического мероприятия — экономия 5 тыс. т высоколегированного металлопроката в год. На ГПЗ-4 осуществлена также подготовка высокоэффективного технологического процесса безотходной, при помощи дисков, резки подшипниковых труб на мерные заготовки колец, что сократит отходы металла в стружку и позволит дополнительно сэкономить 1,5 тыс. т высоколегированных труб.

Непрерывный поиск рационального использования металлопроката и сокращения его расхода осуществляет коллектив Белорусского автозавода. Например, в результате улучшения конструкции и изменения технологии масса одного машинокомплекта некоторых деталей и узлов, изготавливаемых в прессовом цехе завода, снижена в 1981 г. более чем на 170 кг.

В целях изыскания дополнительных резервов в эффективном использовании металлопроката на Волжском автозаводе им. 50-летия СССР в 1981 г. проведен конкурс на лучшее изобретение или рационализаторское предложение по экономии материалов и других видов ресурсов. Его результат:

за счет внедрения новой техники, прогрессивной технологии и организационно-технических мероприятий сэкономлено более 8 тыс. т металлопроката.

Уже эти примеры показывают, что усиление режима экономии в отрасли в значительной мере зависит от инициативы коллективов предприятий и организаций. И особенно — в условиях поточно-массового и крупносерийного производства со сравнительно длительным временем выпуска одних и тех же изделий, где возможности дальнейшего сокращения расхода основных материалов значительно исчерпаны.

Целям экономии будут служить также ежегодно устанавливаемые всесоюзным промышленным и производственным объединениям дифференцированные задания по объемам внедрения прогрессивных материалов, использованию металлических деловых отходов (изготовление из них деталей автомобильной техники и изделий ширпотреба), обеспечению шихтой собственного литейного производства и сдаче отходов в переработанном виде базам Вторчермета, а также утилизации отходов неметаллических материалов.

Таким образом, одновременно с мероприятиями по снижению расхода металла, в том числе и металлопроката, в отрасли проводится значительная работа по увеличению объема переработки и использования металлоотходов — лома и стружки, и к концу XI пятилетки предусматривается увеличить их применение в шихте литейных цехов в 2—2,5 раза, благодаря чему доля покупного лома сократится не менее чем в 2 раза. Одновременно улучшается использование деловых отходов для изготовления деталей основного производства и изделий ширпотреба, объем которого в 1985 г. достигнет 300 тыс. т и, по расчетам, позволит сэкономить 60—70 тыс. т металлопроката.

На ряде заводов отрасли организовано производство отливок высокопрочного чугуна взамен стального литья и ковкого чугуна, в результате чего масса отливок из традиционных литейных сплавов снижается на 15—20%. На выпуске каждой тонны высокопрочных отливок экономится, кроме того, до 300 кВт·ч электроэнергии. С организацией и развитием на заводах-поставщиках выплата необходимых безникелевых модификаторов (вместо используемой в настоящее время никель-магний-цериевой лигатуры) производство отливок из высокопрочного чугуна в отрасли получит дальнейшее развитие и достигнет в 1985 г. 130 тыс. т.

Большую роль в разработке проблем, связанных с экономным расходом материальных ресурсов, а также типовых решений по использованию промышленных отходов играют научно-исследовательские и проектно-технологические организации отрасли.

Принимаются и другие меры, направленные на улучшение структуры потребления в отрасли основных материалов, которые поставляют смежные министерства. Среди таких мер — замена углеродистых сталей низколегированными и высокопрочными для широкой номенклатуры деталей шасси, двигателей, кабин грузовых и кузовов легковых автомобилей; расширение применения экономичных видов металлопроката, в особенности фасонных профилей отраслевого назначения, гнутых профилей, рулонного металла, ленты, термоупрочненного проката и др.; внедрение алюминиевого

проката взамен стального, а также расширение применения отливок из алюминиевых сплавов; широкое использование новых полимерных материалов для производства крупногабаритных деталей кабин, кузовов и оперения, топливных баков (из эластичного, полужесткого, жесткого, интегрального и мелкоячеистого пенополиуретана, модифицированного полипропилена, полиэтилена высокой плотности, полифениленоксида и др.); развитие производства металлокерамических деталей на основе железных, легированных, медных и других порошков и др.

В соответствии с намеченными мерами разработаны и направлены смежным министерствам единые технические требования. Активная работа по их реализации существенно улучшит структуру потребления материалов в отрасли, обеспечит повышение качества автомобильной техники, эффективность ее применения в народном хозяйстве. Особенно важны своевременные поставки материалов на основе полимеров: как показывает практика их применения, 1 т полимерных материалов экономит 2—3 т металла. Не менее важно и то, что из них значительно проще изготовить сложные по профилю детали прогрессивными методами — прессованием, литьем, штамповкой — и что при этом почти полностью отпадает необходимость в механической обработке. Бракованные детали и отходы полимерных материалов пригодны для вторичной переработки без потерь основных характеристик. Кроме того, детали из полимеров легче металлических, следовательно, масса автомобильной техники уменьшается, что, в конечном счете, ведет к экономии топлива. В текущей пятилетке предусмотрено увеличить применение пластмасс и за счет этого сократить потребность в металлопрокате на ~50 тыс. т и сэкономить к 1985 г. 70 тыс. т топлива.

Разработанная Министерством комплексная программа экономии материальных ресурсов предусматривает значительное снижение массы наиболее металлоемких деталей, узлов и агрегатов автомобильной техники, несмотря на то, что эта техника, в соответствии с ужесточающимися отечественными и международными требованиями по безопасности, комфортабельности, топливной экономичности и токсичности двигателей, имеет несколько увеличенную материалоемкость и массу соответствующих систем.

Это увеличение должно компенсироваться и перекрываться за счет снижения на 10—13% массы рам (совершенствование конструкции, применение низколегированных и высокопрочных сталей и гнутых профилей); рессор — на 7—10% (переход на экономичные профили проката); платформ — на 10—15% (новые конструкции с применением алюминиевых полуфабрикатов — листа и профилей); колес — до 30% (замена сдвоенных колес широкопрофильными, внедрения одноаечного крепления и новых колесных профилей); брызговики, крупногабаритных деталей кузовов, кабин и других — до 30% (применение пластмасс и прогрессивных видов проката листового металла), карданных валов (внедрение бугельного соединения) и т. д.

Запланированные объемы и пути снижения массы автомобильной техники будут осуществляться за счет конструкторско-технологических и организационных решений. Вот некоторые из них:

изготовление несущих конструкций кузовов, рам, платформ, колес и других деталей из более прочных низколегированных сталей типа 22Г2ТЮ и др. позволит уменьшить массу автомобиля ЗИЛ-130 на 34 кг, МАЗ-500А — на 42 кг, ГАЗ-53 — на 13 кг;

листовая штамповка с растяжением и с переменными порогами, внедренная на АЗЛК, ВАЗе, ЗАЗе за счет сокращения полей прижима при штамповке кузовных деталей обеспечит экономию материала до 20%;

холодная листовая штамповка деталей из листа со сторонами различной шероховатости и др.

Снижение металлоемкости изделий во многом зависит и от активной работы предприятий смежных отраслей. Например, Челябинский кузнечно-прессовый завод в XI пятилетке мог бы сэкономить в колесном производстве около 40 тыс. т металлопроката за счет снижения норм расхода и до 10 тыс. т за счет улучшения удельных технических показателей колес и сокращения их потребности в запасные части. Однако фактически это не обеспечивается, так как металлургические заводы поставляют профильный и полосовой прокат пониженной точности, качества и в ограниченном сортаменте профилирумеров. В результате — перерасход 7—8 тыс. т металла ежегодно.

Расчеты показывают, что использование алюминиевых полуфабрикатов — листа и профилей — в конструкциях автомобилей, выпускаемых только ЗИЛом, КамАЗом, МАЗом, и прицепной техники к ним сокращает потребление стального проката на 40 тыс. т в год. Применение алюминиевых сплавов в производстве полуприцепов-цистерн большой емкости (10 тыс. л и больше) на проектную программу Нефтекамского завода автосамосвалов позволит ежегодно экономить 30 тыс. т проката черных металлов. Перевод каждой тысячи тонн деталей из черных металлов на изготовление их из металлических порошков экономит 2000 т металлопроката, высвобождает 70 человек рабочих и до 50 металлорежущих станков, в 1,5—2 раза повышает производительность труда и улучшает его условия. Однако такое эффективное средство экономии металла из-за большого отставания ввода мощностей по качественным железным порошкам на предприятиях Минчермета используется, к сожалению, недостаточно.

В выполнении предприятиями отрасли напряженного задания по экономии проката черных металлов в XI пятилетке (18%) многое зависит от Госплана и Госснаба СССР. Они могут способствовать выполнению планов поставки для Минавтопрома новых прогрессивных материалов, предусмотренных постановлением: ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 20 июля 1978 г. «О дальнейшем развитии машиностроения в 1978—1980 гг.», СМ СССР «О мерах по созданию на Московском автомобильном заводе им. И. А. Лихачева мощностей по производству деталей автомобилей на базе малоотходной технологии», СМ СССР о мерах по ускорению производства материалов и комплектующих изделий для изготовления сельскохозяйственной техники с повышенным ресурсом и первоочередному (учитывая особенности массового автомобильного производства, а также то, что выпуск подвижной техники, при эксплуатации которой снижение массы обеспечивает большую народнохозяйственный



эффект) выделению автомобильной промышленности эффективных материалов и изделий, объемы производства которых не обеспечивают всех потребностей народного хозяйства; не предусматривать в выделяемых фондах поставку короткомерных отходов, некратного и с отклонениями по геометрии проката, который не может быть эффективно переработан в поточно-массовом производстве на автоматизированном и специализированном оборудовании; в целях стимулирования использования в собственном производстве образующихся на предприятиях металлоотходов утвердить методику определения коэффициента использования металлов, учитывающую применяемые в шихте литейного производства металлоотходы.

Госплану СССР, совместно с Минавтопромом, видимо, необходимо разработать и утвердить инструкцию о порядке стимулирования освоения и организации производства новой и модернизированной автомобильной техники (с лучшими весовыми характеристиками по металлоемкости, массе и эксплуатационным характеристикам). В ней целесообразно предусмотреть, что в течение первых пяти лет массового производства новой эффективной техники на нее не устанавливаются задания по снижению норм расхода металла, а полученная экономия от эксплуатации этой техники в народном хозяйстве засчитывается отрасли. При

разработке и установлении Минавтопрому ежегодных заданий по экономии металла следует увязать их с выделяемыми отрасли ресурсами на прокат улучшенного качества и экономичных профилей, а также на заменители проката. Кроме того, нужен порядок, при котором уровень цен на материалы — заменители проката черных металлов и других дефицитных материалов позволил бы стимулировать их применение предприятиями.

На реализацию мероприятий, намеченных и осуществляемых, потребуются эффективные материалы, прогрессивное оборудование на малоотходные технологические процессы и, естественно, соответствующие капиталовложения. Многие зависят от того, как настойчиво коллективы всех предприятий и организаций отрасли будут вести поиск внутренних резервов экономии материальных ресурсов и, в первую очередь, проката черных металлов. На это нужно направить социалистическое соревнование, деятельность инженерных и научных сил, техническое творчество рационализаторов и изобретателей. Труженики отрасли должны конкретными делами ответить на решения XXVI съезда нашей партии, внести достойный вклад в выполнение программы экономического и социального развития страны на XI пятилетку, а также продовольственной программы, принятой на майском (1982 г.) Пленуме ЦК КПСС.

УДК 658.511.2:331.876

## Новаторы отрасли в борьбе за экономию металла

В. Б. ПАУОВА

Министерство автомобильной промышленности

**КАК БОЕВУЮ** программу действий восприняли трудящиеся автомобильной промышленности решения XXVI съезда нашей партии, задачи, поставленные «Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», ноябрьским (1981 г.) и майским (1982 г.) Пленумами ЦК КПСС. На предприятиях, в объединениях и организациях отрасли широко развернулось социалистическое соревнование за досрочное выполнение плана 1982 г., достойную встречу 60-летия образования СССР. В первых рядах соревнующихся — изобретатели и рационализаторы — наиболее активный и передовой отряд трудящихся отрасли.

В развертывании социалистического соревнования большое внимание уделяется разработке и внедрению изобретений и рационализаторских предложений, связанных с экономией металла и топливно-энергетических ресурсов, т. е. одним из главных направлений хозяйствования в 80-х годах. Таким образом, еще интенсивнее продолжается работа, которая шла и в годы X пятилетки.

Изобретатели и рационализаторы отрасли вносят весомый вклад в дело повышения эффективности производства: каждый десятый работник отрасли — изобретатель или рационализатор. За 1981 г. и первое полугодие 1982 г. ими разработано и внедрено 105 тыс. рационализаторских предложений, сделано 1943 изобретения. Экономический эффект от их внедрения составил 125,3 млрд. руб., в том числе от изобретений — 31,1 млн. руб. Экономлено 95 тыс. т черного металла и 221,3 млн. кВт·ч электроэнергии, а также снижена на 19,3 млн. нормо-ч трудоемкость выпускаемой продукции. Например, экономия металлопроката на ЗИЛе составила 10,1 тыс. т, ГАЗе — 11,7 тыс. т, ПО АвтоВАЗ — 4,3 тыс. т, АЗЛК — 4,4 тыс. т, КамАЗе — 7,5 тыс. т, ПО «УралАЗ» — 6,4 тыс. т, на предприятиях Союзподшипника — 7,1 тыс. т.

Все эти результаты получены благодаря большой организаторской работе, целеустремленно и систематически ведущейся партийными, профсоюзными и комсомольскими организациями отрасли. Во всех производственных объединениях и на всех предприятиях постоянно поддерживаются тесные связи производства с научными учреждениями, внедряются высокоэффективные изобретения и предложения, практикуется создание творческих комплексных бригад по внедрению мероприятий, направленных на экономию металла, широко распространяются наиболее ценные починки и инициативы, используется богатейший опыт по развитию творческой инициативы трудящихся, использованию различных форм морального и материального поощрения новаторов. Так, на Горьковском автозаводе в целях повышения материальной заинтересованности рационализаторов и изобретателей в разработке и внедрении изобретений и рационализаторских предложений, направленных на снижение нормативных расходов проката черного металла, создано специальное «Положение». В соответствии с ним

создано специальное «Положение». В соответствии с ним

авторы предложений получают премию в размере 5% сэкономленных сумм, если годовая экономия черного проката составляет не менее 10 т.

Принимая активное участие в конкурсе по экономии металла, проводимом Министерством автомобильной промышленности совместно с Центральным советом ВОИР и ЦК профсоюзам рабочих автомобильного, тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, опираясь на творчество новаторов, коллективы предприятий разрабатывают долгосрочные программы экономии металла, проводят тематические конкурсы, эстафеты и другие мероприятия, способствующие повышению творческой активности изобретателей и рационализаторов. Они, как правило, дают высокие результаты, в их ходе на предприятиях и в организациях создаются и внедряются в производство высокоэффективные предложения.

Например, на Горьковском автозаводе внедрен новый технологический процесс изготовления гайки подшипников ступицы заднего колеса, признанный изобретением и давший экономии 1365 т черного проката в год, и реализовано предложение по изменению конструкции вытяжного штампа панели передней части кузова автомобиля, что позволило получить экономии еще 1203 т проката. На Московском автозаводе им. И. А. Лихачева внедрено предложение по изменению состава и технологии изготовления монолита гильз цилиндров двигателя ЗИЛ-375, благодаря чему завод ежегодно будет экономить 765 т легированной стали. На Волжском автозаводе им. 50-летия СССР предложенное новаторами изменение технологии изготовления пластин радиатора обеспечило экономии 73,5 т дефицитной латуны. На Ярославском моторном заводе применение нового сплава для изготовления поршней четырехтактных дизелей позволило использовать при литье поршней лигатуры с пониженным содержанием меди и никеля, что значительно повысило физико-механические свойства и жаропрочность поршней. Экономический эффект от внедрения этого предложения составил 340 тыс. руб. На Камском автозаводе от использования изобретения «Способ изготовления изделий переменного по их длине сечения» при изготовлении торсиона уравновешивания кабины автомобиля получена экономия 1000 т черного проката, 2,4 млн. кВт·ч электроэнергии.

Примеры особо высокой эффективности работы новаторов имеются на многих других предприятиях отрасли.

Залогом появления крупных технических решений является дальнейшее расширение и укрепление творческой связи науки и производства. Об этом очень четко сказано в докладе Л. И. Брежнева на XXVI съезде партии: «Условия, в которых народное хозяйство будет развиваться в 80-е годы, делают еще более настоятельным ускорение научно-технического прогресса... Решающий, наиболее острый участок сегодня — внедрение научных открытий и изобретений. Научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы следует теснее сомкнуть — экономически и организационно — с производством».

Автомобилестроители уделяют большое и постоянное внимание этому важному фактору ускорения научно-технического прогресса. Свидетельство тому — факт, что ежегодно в отрасли действуют около 400 договоров, направленных на решение наиболее актуальных задач производства. Соисполнителями договоров являются не только предприятия автомобильной промышленности, но и смежные отрасли, предприятия станкостроительной и химической промышленности, Минавтотранса и др. Так, плодотворным оказалось сотрудничество НИИТавтопрома с рядом предприятий. Совместными усилиями изобретателей института и предприятия на Кузнечном заводе Камского объединения по производству большегрузных автомобилей внедрен технологический процесс изготовления точных отливок крупногабаритных штампов сложной конфигурации, что позволило сэкономить 440 т инструментальной стали и 414 тыс. кВт·ч электроэнергии. На Автозаводе им. Ленинского комсомола внедрена установка для штамповки кузовных деталей длиной (шириной) 1200—1300 мм, что дало экономии 1000 т листового проката. Внедрение на КрАЗе, КАЗе и МАЗе технологического процесса электрогидроимпульсного способа штамповки кожухов картеров ведущих мостов дало экономии 5250 т металла. На Уральском автозаводе осваивают процесс штамповки кузовных деталей с предварительным растяжением. За счет внедрения способа холодного выдавливания на этом заводе сэкономлено 2234 т металла. В НАМИ совместно со специалистами КАМАЗа разработано и освоено изобретение «Сталь для лонжеронов», внедрение которого на заводе позволило повысить грузоподъемность автомобилей КамАЗ-5511 до 10 т и обеспечить экономии 2430 т металлопроката в год. Изобретатели НИИАвтопри-

боров и Куйбышевского завода автотракторного электрооборудования им. А. М. Тарасова разработали новую технологическую схему выдавливания корпусов свечей зажигания, что позволило повысить производительность труда и получить годовую экономию 456 т металла. На Московском автозаводе им. И. А. Лихачева совместно с ВНИИметмашем разработан и внедрен новый технологический процесс изготовления ведомой цилиндрической шестерни редуктора заднего моста автомобиля ЗИЛ-130 с применением метода горячей накатки зубьев (экономия 507 т черного проката в год). Эта работа отмечена второй премией на конкурсе по экономии металлопроката за 1981 г.

Положительный опыт творческого сотрудничества ученых и производственников накоплен и в других организациях Министерства автомобильной промышленности: НИИАТМе, ЭКТИавтопроме, ЗПКТИ, ВНИППе и др.

В ходе соревнования значительные успехи достигнуты общественными творческими объединениями, в частности, комплексными бригадами и общественными конструкторскими бюро. В 1982 г. действуют 3215 творческих комплексных бригад, в том числе на ГАЗе — 374, ЗИЛе — 336, ЯМЗ — 203, ПО БелавтоМАЗ — 251, ПО КамАЗ — 210, Союзподшипники — 179, а также 534 общественных конструкторских бюро. Наличие в их составе специалистов разных профилей — конструкторов, технологов, рабочих — позволяет находить наиболее ценные решения, благодаря которым обеспечивается большая экономия металла. Так, творческая бригада производства кузовов и кабин Горьковского автозавода разработала и внедрила в производство кожух амортизатора новой конструкции для автомобиля ГАЗ-53, за счет чего будет сэкономлено 99 т черного проката в год. Комплексная творческая бригада электротермического производства выступила с инициативой направить творческий поиск изобретателей и рационализаторов на изыскание резервов производства и взяла обязательство получить за XI пятилетку экономии от внедрения собственных изобретений и рационализаторских предложений 3 тыс. т металла. За 1981 г. и первое полугодие 1982 г. бригада получила экономии 1300 т. Творческая комплексная бригада, Заволжского моторного завода им. 50-летия СССР создала оснастку для перевода отливки одноярусной трубы на кокильную трехпозиционную машину, что дало экономии 439 т цветного металла.

В решении XXVI съезда КПСС поставлена задача снизить удельный расход проката черных металлов в машиностроении и металлообработке не менее чем на 18—20%, в том числе в автомобильной промышленности на 18%. Главным средством ее решения является более широкое применение проката из низколегированных сталей, листовой стали в рулонах, периодического проката и унифицированных профилей для рессор, специальных профилей для колес, пластмасс и металлокерамики. В связи с этим возрастают роль и ответственность научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро предприятий за разработку и осуществление конкретных мероприятий по экономии металла, а также роль изобретателей и рационализаторов. Изобретательской и рационализаторской работе будет, безусловно, способствовать объявленный Минавтопромом совместно с ЦК профсоюзам работников автомобильного, тракторного и сельскохозяйственного машиностроения и Центральным Советом ВОИР на XI пятилетку конкурс на лучшее предложение по экономии металлопроката. Условия конкурса предусматривают: ежегодное подведение итогов по проблемам совершенствования выпускаемых и создания новых, более экономичных конструкций автомобилей, деталей и узлов с целью снижения их металлоемкости; внедрение прогрессивных технологических процессов, обеспечивающих уменьшение отходов и повышение коэффициента использования металлопроката. Сюда можно отнести: применение калиброванной и холодной тянутой стали взамен горячекатаного проката; улучшение раскроя листового и сортового проката; получение деталей методом холодной объемной штамповки и выдавливания взамен обработки резанием; ковку и штамповку заготовок повышенной точности методами горячего прессования, чеканку, безблочной штамповки и др.; сокращение припусков на механическую обработку, горячую штамповку с применением электронагрева и малоокислительного нагрева, уменьшающих угар металла; внедрение высококачественного чугуна взамен проката; совершенствование оснастки на операциях механической обработки с целью более точного фиксирования обрабатываемых деталей и сокращение припусков на обработку; применение заменителей (пластмасс, металлокерамики, магниевых, алюминиевых и других легких сплавов взамен проката); получение зубчатых колес методом пластической деформации, включая прокатку за-

готовок и накатывание зубьев; обеспечение равнопрочности, улучшения компоновки узлов и агрегатов, совершенствования кинематических схем; повышение ресурса деталей путем упрочняющей обработки (нанесение покрытий, поверхностное пластическое деформирование и т. п.) и снижение за счет этого их поставок в запасные части; облегчение конструкций автомобилей, агрегатов, узлов и деталей; использование отходов для изготовления более мелких деталей.

В конкурсе могут принять и принимают участие как коллективы, так и отдельные работники предприятий и организаций отрасли. Для поощрения авторов лучших изобретений и рационализаторских предложений по экономии металлопроката ежегодно устанавливаются 48 премий (см. таблицу). Одновременно установлены девять премий (от 1000 до 2000 руб.) для поощрения коллективов предприятий, добившихся наилучших результатов по снижению расхода металлопроката от использования изобретений и рационализаторских предложений. Премии присуждаются предприятиям, добившимся экономии — по сравнению с плановым заданием — металлопроката не менее 25—40%.

Премия	Число премий	Размер премии, руб.	Объем сэкономленного металлопроката на одно предложение, т
Первая	3	500	Более 1000
Вторая	5	450	750—1000
Третья	5	400	500—750
Четвертая	10	300	300—500
Пятая	10	200	150—300
Шестая	15	150	50—150

Конкурс стал большим стимулом творческой активности изобретателей и рационализаторов. В его развитие в объединениях, на предприятиях разработаны специальные тематические задания, все предложения по экономии металлопроката включаются в ускоренный график внедрения, технические руководители осуществляют ежеквартальный контроль выполнения графика. Вопросы экономии металлопроката рассматриваются на заседаниях парткомов и завкомов. И вот итог: изобретатели и рационализаторы ГАЗа в 1981 г. представили на конкурс 13 предложений, ПО АвтоВАЗ — 10, АЗЛК — 13, ПО БелавтоМАЗ — 10. Первые премии оргкомитет присудил творческому коллективу Горьковского автозавода в составе М. В. Зыбова, В. К. Малыгина, Р. Е. Глипер, Ю. В. Старостина за внедрение новой конструкции и технологии изготовления картера заднего моста автомобилей ГАЗ-53А и ГАЗ-66, позволивший снизить массу картера на 4,85 кг и получить экономию 1420,8 т металлопроката, и творческому коллективу Камского объединения по производству большегрузных автомобилей в составе М. Т. Кошкина, В. И. Семедий, И. И. Волосова, А. П. Суббота, В. Е. Маклакова, Ю. Д. Дятлова за внедрение малоотходной резки заготовок на пресс-ножницах, обеспечившей экономии 1189 т черного проката в год.

Конкурс убедительно показал, что изобретатели и рационализаторы отрасли действительно направляют всю свою созидательную энергию на поиск новых высокоэффективных решений, направленных на выполнение задач, поставленных перед автомобильной промышленностью XXVI съездом партии и последующими пленумами ЦК КПСС.



УДК 621.43.031.3

## Основные направления развития автомобильных турбокомпрессоров

Канд. техн. наук Э. В. АБОЛТИН, Б. Ф. ЛЯМЦЕВ  
НАМИ, Ярославский моторный завод

ПОСЛЕДНЕЕ десятилетие характеризовалось дальнейшим расширением применения турбонаддува на отечественных двигателях и улучшением показателей турбокомпрессоров. Главной тенденцией их развития было последовательное снижение момента инерции ротора, габаритов и массы за счет уменьшения наружного диаметра колес турбины и компрессора. Так, например, момент инерции ротора турбокомпрессора ТКР-9, приходящего на смену турбокомпрессору ТКР-11, меньше в 1,9 раза, масса — на 20%. Необходимые производительность компрессора и

пропускная способность турбины обеспечиваются как повышением КПД, так и существенным увеличением высоты лопаток колес компрессора и турбины, одвига режимов с максимальным КПД компрессора в область более высоких коэффициентов расхода воздуха. Относительный диаметр колеса компрессора на входе возрос до 0,75—0,8, а относительный диаметр колеса турбины на выходе — до 0,9—0,92. И хотя это увеличение сопровождается ростом кривизны каналов колеса в меридиональном сечении, общий КПД турбокомпрессоров всех типоразмеров за последние годы увеличился на 4—5%. Произошло это благодаря тому, что были найдены оптимальные решения по отдельным элементам проточной части, а также снижена доля механических потерь в подшипниках за счет уменьшения диаметра шеек вала.

Влияние размера колес с радиальными лопатками на показатели ступеней и динамику их изменения показано на рис. 1 и 2. Зависимости, изображенные на этих графиках, построены по результатам испытаний

опытных образцов на режимах, соответствующих степени повышения давления в компрессоре и степени понижения давления в турбине, равным 1,6—1,8.

Как следует из рисунков, максимальные адиабатный КПД компрессора и эффективный КПД турбины снижаются на ~1,5—2,5% на каждые 10 мм уменьшения диаметра колес, причем для меньших диаметров градиент увеличивается.

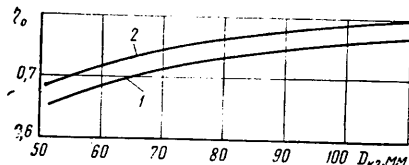


Рис. 1. Зависимость максимального адиабатного КПД компрессора от наружного диаметра колеса ( $\pi_k = 1,6 \div 1,8$ ):  
1 — 1975 г.; 2 — 1982 г.

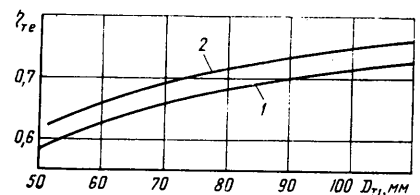


Рис. 2. Зависимость максимального эффективного КПД турбины от наружного диаметра колеса ( $\delta_t = 1,6 \div 1,8$ ):  
1 — 1975 г. (ступень с затурбинным диффузором); 2 — 1982 г. (ступень с затурбинным диффузором, колесо турбины с полным диском и улучшенным профилированием)



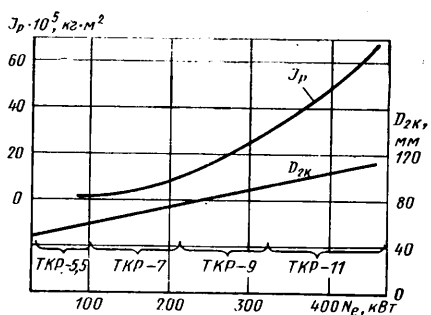


Рис. 3. Изменение наружного диаметра колеса компрессора и момента инерции ротора в зависимости от мощности дизеля

Влияние размера колес на КПД ступеней турбокомпрессора обусловлено рядом причин: уменьшения числа Рейнольдса, ростом относительной толщины лопаток и относительной величины зазоров, а также увеличением отклонений размеров, межлопаточных каналов от заданных.

Из рисунков следует также, что КПД турбинной и компрессорной ступеней автомобильных турбокомпрессоров благодаря совершенствованию аэродинамики проточной части за последние 6—7 лет увеличился приблизительно на 3%. Вследствие этого показатели вновь разработанных ступеней меньшей размерности практически не уступают, а иногда и превосходят показатели ступеней большей размерности предыдущего поколения.

На основании расчетов и опытных исследований получена зависимость (рис. 3), показывающая, каким должен быть оптимальный наружный диаметр колес турбины и компрессора для того, чтобы обеспечить наддув автомобильного дизеля при использовании одного турбокомпрессора. Из нее следует, что один турбокомпрессор ТКР-11 способен обеспечить наддув дизеля мощностью 430—440 кВт. ТКР-9 — дизеля мощностью 290—310 кВт, ТКР-7 — дизеля мощностью 190—220 кВт и ТКР—5,5 — дизеля мощностью 90 кВт.

Дальнейшее повышение производительности компрессора и пропускной способности турбины и, следовательно, снижение момента инерции ротора можно осуществить только путем повышения КПД ступеней, однако возможности последнего ограничены. В связи с этим можно, видимо, ожидать, что в ближайшие годы не претерпят заметного изменения, а развитие турбокомпрессоров в основном пойдет по линии дальнейшего повышения их КПД и надежности, а также применения регулируемого наддува. В более отдаленной перспективе возможно (в случае освоения керамики в качестве материала колес турбин) скачкообразное снижение момента инерции ротора более чем в 2 раза.

Одним из распространенных способов снижения момента инерции ротора (на ~18—20%) является уменьшение относительного диаметра диска колеса турбины до 0,65—0,68. (Такая конструктивная особенность свойственна всем без исключения современным зарубежным турбокомпрессорам с ко-назад лопатками колеса ( $D_{к2}=80$  мм). Однако решение имеет недостаток: снижение КПД турбинной ступени. Например, сравнительные исследования

ступеней с полным ( $D_d=1$ ) и укороченным ( $D_d=0,686$ ) диском показали (рис. 4), что проигрыш в КПД турбины из-за укорочения диска доходит до 2%. В связи с этим целесообразность применять только колеса турбины с укороченным диском вызывает сомнение. По-видимому, их нужно устанавливать только в двигателях, для которых требование максимальной приемистости является определяющим.

По мере повышения пропускной способности турбины и использования турбокомпрессоров меньших типоразмеров значительно выросли скорости газа на выходе из турбины. Так, при использовании турбокомпрессора ТКР-7 для наддува дизеля мощностью 185—190 кВт потери с выходной скоростью на номинальном режиме при отсутствии диффузора за турбиной составляют ~20%. Поэтому одним из очевидных технических решений, способствующих повышению КПД турбины и не требующих усложнения технологии, может быть применение затурбинных диффузоров. Как показывают опыты, проведенные в НАМИ, использование даже обычных конических диффузоров с углом раскрытия около  $12^\circ$  и  $F_d=2$  повышает внутренний КПД турбины на 2—3% (рис. 4).

Учитывая это, затурбинный диффузор нужно рассматривать как неотъемлемый элемент проточной части турбины, а диаметр трубопровода, соединяющего затурбинный диффузор с глушителем, должен быть по меньшей мере равен диаметру диффузора на выходе.

К числу возможных поисковых направлений повышения КПД турбокомпрессоров следует отнести применение газостатических подшипников: благодаря значительно меньшей вязкости воздуха, чем масла, потери трения в таких подшипниках снижаются более чем в 20 раз; затраты же энергии на нагнетание сжатого воздуха в подшипники не превышают 2% полезной работы турбины [1]. В то же время потери в подшипниках турбокомпрессоров, применяемых в настоящее время, изменяются от 10—12% на режимах, соответствующих левой зоне скоростной характеристики двигателя, до 5—6% на режимах, близких к номинальному. Таким образом, повышение КПД турбокомпрессора в результате применения газостатических подшипников может составить 3—8%.

Учитывая перспективность подшипников с газовой смазкой, в НАМИ разработали конструкцию газостатического подшипника с эффективным

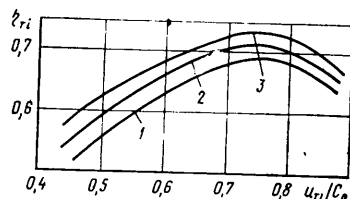


Рис. 4. Влияние затурбинного диффузора и протяженности диска колеса турбины турбокомпрессора ТКР-7 на ее внутренний КПД:

1 — с затурбинным диффузором ( $D_d=1$ );  
2 — без затурбинного диффузора ( $D_d=1$ );  
3 — с затурбинным диффузором ( $D_d=0,686$ )

демпфированием колебаний, провели ее испытания и отработали при температуре газа перед турбиной до 920 К, окружной скорости до 400 м/с и сравнительно низких давлений (250—300 кПа) и расходе (~0,005 кг/с) воздуха, подаваемого в подшипник. Как выяснилось, фактором, затрудняющим применение газостатических подшипников, является потребность в сжатом воздухе ( $P_v=50\div 60$  кПа) в момент пуска двигателя, когда давление за компрессором турбокомпрессора еще отсутствует (сжатый воздух должен подаваться для предотвращения попадания грязи и копоти из турбины в зазоры подшипника). Эту задачу можно решить путем создания низконапорного компрессора ( $\pi_k=1,5\div 1,6$ ) на особо малые расходы воздуха ( $G_v=0,003\div 0,006$  кг/с) с приводом от электромотора ( $N_e=0,3\div 0,4$  кВт), что создает реальные предпосылки для применения подшипников с газовой смазкой в автомобильных турбокомпрессорах.

По мере уменьшения диаметра колес все более возрастающее влияние на показатели турбокомпрессора начинает оказывать уровень технологии и качества изготовления его деталей. Это в особенности относится к экспериментальным турбокомпрессорам, изготовляемым по обходной технологии в ограниченном количестве. Поэтому тщательное соблюдение требований технической документации в отношении профиля и толщины лопаток и их входных кромок, зазоров между лопатками и покрывным диском, отклонений от заданной геометрии проточной части и ее шероховатости во многом определяет уровень показателей компрессорной и турбинной ступеней.

Анализ отечественного и зарубежного опыта показал, что высокого качества турбокомпрессоров при их массовом производстве можно достичь путем организации специализированного производства с высоким уровнем автоматизации и совершенной системой контроля качества. Наряду с этим конструкторско-технологические подразделения, организованные при специализированном производстве, должны обеспечивать не только дальнейшую оптимизацию каждого элемента проточной части в отдельности, но и поиск решений, способствующих устранению недостатков, которые обусловлены малыми размерами проточной части. К числу таких решений можно отнести применение колеса компрессора с покрывным диском, закрепляемым на лопатках колеса при помощи диффузионной сварки, а также увеличение эффективной площади проточной части колеса компрессора за счет сокращения числа лопаток. Последнее должно сопровождаться увеличением относительной ширины колеса в осевом направлении до 0,38—0,4 — с тем, чтобы сохранить оптимальный профиль лопаток в цилиндрическом сечении.

На рис. 5 приведены безразмерные характеристики компрессорной ступени турбокомпрессора ТКР-7 с радиальными лопатками колеса ( $D_{к2}=70$  мм,  $z_k=10$ ) и ступени одного из зарубежных турбокомпрессоров с загнутыми назад лопатками колеса ( $D_{к2}=80$  мм,  $z_k=16/8$ ). Характеристики были сняты на одном и том же стенде по единой методике. Сравнение их показывает, что в исследованном диапазоне окру-

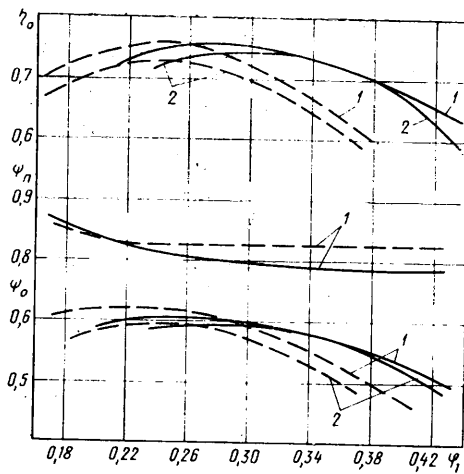


Рис. 5. Сравнение характеристик зарубежного компрессора диаметром  $D_{к2} = 80$  мм (штриховые линии) и компрессора турбокомпрессора ТКР-7 (сплошные линии): 1 — при  $u_{к2} = 180$  и  $250$  м/с; 2 — при  $u_{к2} = 300$  м/с

ных скоростей ( $u_{к2} = 180-300$  м/с) ступень, укомплектованная колесом с уменьшенным до 10 числом лопаток, по КПД не уступает ступени с загнутыми назад лопатками, а по коэффициенту напора превосходит ее в области коэффициентов расхода  $\phi_1 > 0,28$ . В то же время с производственной точки зрения колеса компрессора с радиальными лопатками обладают преимуществом благодаря использованию более дешевой технологии литья. Поэтому при организации серийного производства новых турбокомпрессоров ТКР-9, ТКР-7 и ТКР-5,5 выбор тех или иных элементов проточной части должен выполняться с учетом обеспечения совокупности наилучших технико-экономических показателей: КПД, коэффициента напора, диапазона работы с наивысшими КПД, момента инерции, трудоемкости и др.

Увеличение числа модификаций турбокомпрессоров одного типоразмера,

обусловленное расширяющимся применением турбонаддува, делает актуальной унификацию присоединительных размеров автомобильных турбокомпрессоров в пределах одного типоразмера.

Учитывая возможность экспорта отечественных двигателей с турбонаддувом и целесообразность в ряде случаев импорта зарубежных турбокомпрессоров, присоединительные размеры отечественных автомобильных турбокомпрессоров ТКР-9, ТКР-7 и ТКР-5,5 необходимо по возможности унифицировать с соответствующими размерами турбокомпрессоров ведущих зарубежных фирм. Такая унификация присоединительных размеров обеспечит полную взаимозаменяемость турбокомпрессоров одного типоразмера и расширит возможности скорейшего восстановления двигателя с наддувом в случае отказа турбокомпрессора.

Из анализа основных присоединительных размеров наиболее распространенных моделей зарубежных турбокомпрессоров, приведенных в таблице, следует, что к числу самых унифицированных размеров относятся (рис. 6)  $X$ ,  $Y$ ,  $B$  и  $H$ , определяющие соединение турбины с выпускной системой двигателя, а также размер  $C$ , определяющий положение входного фланца турбины относительно оси турбокомпрессора, и размер  $F$  — внутренний диаметр выходного патрубка компрессора. Значительно больше варьируются размеры  $G$ ,  $P$  и  $L$ , однако число вариантов этих размеров в  $\sim 2$  раза меньше числа моделей турбокомпрессоров, приведенных в таблице.

Принимая во внимание преимущества применения турбокомпрессоров с унифицированными присоединительными размерами, необходимо учитывать сложившуюся к настоящему времени ситуацию по зарубежному турбокомпрессорам и осуществлять выбор присоединительных размеров отечественных турбокомпрессоров с учетом данных, приведенных в таблице.

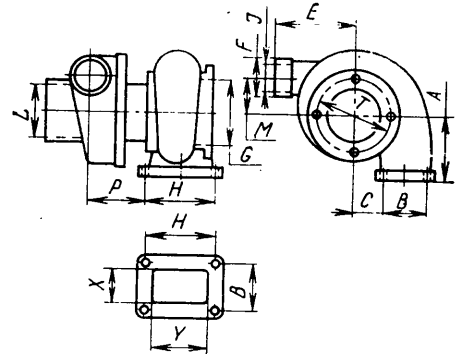


Рис. 6. Присоединительные размеры турбокомпрессоров

К числу важных направлений развития турбонаддува относится разработка регулируемых турбокомпрессоров. Из анализа патентов на изобретения, относящихся к системам регулирования наддува [2], следует, что наибольшее развитие имеют системы регулирования путем перепуска газа помимо турбины. На втором месте по числу изобретений стоят системы регулирования с дополнительной камерой сгорания, на третьем — регулирования выпуском сжатого воздуха.

Применение сложных систем регулирования, какими являются системы с дополнительной камерой сгорания (система по патенту фирмы Гипербар дизель), экономически оправдано, по видимому, только для тепловозных и судовых дизелей. Для автомобильных дизелей мощностью  $120-370$  кВт более перспективно применять относительно простые системы регулирования, основанные на перепуске газа мимо турбины, воздуха из компрессора в атмосферу, а также системы, обеспечивающие изменение пропускной способности турбины при сохранении ее КПД.

Анализ расчетных данных свидетельствует, что перепуск газа мимо тур-

Фирма, страна	Модель	$D_{к2}$	$D_{т1}$	A	B	C	E	F	G	J	H	M	P	X	Y	T	L
Швейцар. США	4LE	94	92	108	69,8	57,1	139,7	65; 77,2	73,4; 80; 87,6	53,9; 57,2	112,7	70 78,5	114,5; 121,5	60,4	88,2	108; 120,7	82,5
	3LD	74	76	83,3	44,5	44,5	...	...	52,5	41,2	85,9	...	74,8	...	...	...	62
Гарет, США	T3	60	58	76,4	44,5	24	89	52	54,1	35,6	86	50	72,6	44,7	57,2	83,3	53
	TO4	70	...	92	70	57,1	95	52	70	45	83	52	103	50	74	...	70
	TV61	86	89	108	70	57,1	134,7	77,2	...	62,2	112,8	78,5	114	60,4	88,2	...	108
	TV71	94	96,5	108	70	57,1	134,7	77,2	...	62,2	112,8	78,5	114	60,4	88,2	...	108
TV81	107,5	111	108	70	57,1	134,7	77,2	...	62,2	112,8	78,5	114	60,4	88,2	...	108	
Холсет, Англия	H1AB	60; 65	70	78	44,5	44,5	95	52	61	44	86	50	75	44,5	57,2	89	52
	H2A	72	...	76,2; 89	44,5; 70	28,7; 44,5	110	52	66	44	82,5; 89	48,5; 58	72,7; 75; 85,5	44,5; 50,4	57,2; 75	92	62; 70
	H2B	76; 80	80	89	44,5; 70	44,5; 28,7; 57,1	110	52	73; 83	44	82,5 86; 89; 112,8	58	72,7; 75; 76	44,5; 50,4; 60,4	57,2; 75; 88,2	108	67
	H3	94; 102	...	108	70	57,1	139,7	77,7	87,6	57,2	112,8	78,5	114,6	60,4	88,2	120,7	82,5
ККК, ФРГ	K27	72,5	76,2	89	44,5	45	110,7	52,3	65,3	41,7	85,8	57,2	75,5	44,5	57,2	100	62
	K 34/36	94, 89	96,5; 91,5	108	70	57,5	139,7	77,7	82	57,2	112,8	78,5	115,5	60,4	88,2	120,7	79

бины является относительно более экономичным — с точки зрения затрат энергии — способом регулирования, чем перепуск воздуха из компрессора в атмосферу. Однако система регулирования перепуском воздуха, температура которого не превышает 420 К, может быть более простой, дешевой и надежной, чем при регулировании перепуском газа, имеющего температуру от 870—920 К (дизель) до 1120—1220 К (карбюраторные двигатели). Учитывая это, целесообразно провести исследование как одного, так и другого вариантов регулирования.

Одним из перспективных направлений развития регулируемых турбокомпрессоров является создание устройств, обеспечивающих изменение эффективного проходного сечения безлопаточного входного аппарата турбины при сохранении КПД или его незначительном изменении. Этого можно достичь путем введения дополнительного канала постоянного сечения, определенным образом соединенного с основным и не содержащего на участке перепуска газа никаких дросселирующих элементов. Для регулирования такой турбины в НАМИ разработан двухпозиционный клапан, имеющий минимальное сопротивление при полном открытии. Как показали результаты испытаний турбокомпрессора ТКР-7 с таким клапаном, изменение приведенной пропускной способности турбины  $G$  составило 13—14% при незначительном (1,5%) снижении ее КПД на режимах с увеличенной пропускной способностью. Полученные результаты свидетельствуют об актуальности развития работ в этом направлении.

Важнейшими качествами турбокомпрессоров, во многом определяющими эффективность применения дизелей с турбонаддувом, являются их надежность и долговечность. Из отечественного и зарубежного опыта следует, что более половины всех отказов турбокомпрессоров происходит из-за недостаточно надежной работы подшипникового узла. В свою очередь, безотказность и долговечность узла подшипников зависят, с одной стороны, от совершенства его конструкции и качества изготовления, а с другой — от условий работы турбокомпрессора на дизеле, в особенности при пуске и останове, когда отсутствует принудительная подача смазки.

Исследования, выполненные на Ярославском моторном заводе, показали, что при низкой температуре окружающей среды (250 К) и засоренном фильтрующем элементе период задержки подачи смазки к турбокомпрессору может составлять 10—15 мин. Однако в этих условиях жидкостное трение в подшипниках, например турбокомпрессора ТКР-11 с вращающимися втулками, сохраняется лишь до окружной

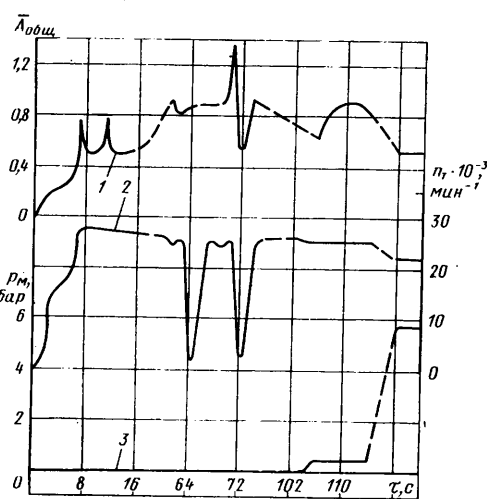


Рис. 7. Изменение относительной амплитуды перемещения конца ротора (кривая 1), частоты его вращения (кривая 2), давления масла в корпусе подшипников турбокомпрессора (кривая 3) в зависимости от времени работы дизеля после пуска

скорости вала ротора 13 м/с. В случае ее превышения происходит потеря устойчивости вращения ротора, сопровождающаяся возрастанием амплитуды его прецессионного движения и снижением частоты вращения (рис. 7). Эти явления вызывают единичные натирки на поверхностях сопряженных деталей, накопление которых в конечном счете приводит к отказу узла подшипников.

В результате исследований выявлено, что наиболее целесообразная система подачи масла к турбокомпрессору должна включать полипоточный масляный фильтр с картонными фильтрующими элементами, длина масляных магистралей по возможности минимальна, а их сечение необходимо выбирать из условия обеспечения минимального времени на заполнение.

Немаловажное значение для работоспособности узла подшипников турбокомпрессора имеют резкие, без предварительного охлаждения на холостом ходу, остановки двигателя. В этом случае частота вращения ротора снижается более интенсивно, чем давление масла, и на всех режимах выбега ротора величина давления масла обеспечивает устойчивую работу подшипников. Однако температура в зоне турбинных подшипника и уплотнения повышается, что приводит к повышенному окислению масла, образованию лака и нагара на деталях узла подшипников, потере упругости уплотнительных колец и возникновению температурных напряжений в узлах и деталях турбокомпрессора. Так, по данным ЯМЗ, температура в районе турбинного подшипника после остановки без охлаж-

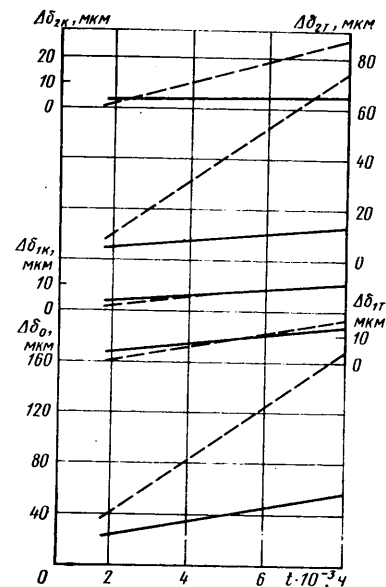


Рис. 8. Изменение зазоров в узле подшипников турбокомпрессора в эксплуатационных условиях при центробежной очистке масла (сплошные линии) и без нее (штриховые линии)

дения составляет 610—630 К, а после пятиминутной работы двигателя на холостом ходу — только 450 К [3].

Исследование закономерностей износа подшипников турбокомпрессора ТКР-11 в эксплуатационных условиях показало, что большее влияние на их работоспособность оказывает степень загрязнения масла. С целью предотвращения ускоренного износа деталей узла подшипников на ЯМЗ был разработан центробежный способ очистки масла внутри турбокомпрессора, эффективность которого была проверена как при стендовых, так и эксплуатационных испытаниях. Последние подтвердили значительное снижение скорости износа деталей узла подшипников при использовании эффекта центробежной очистки масла внутри турбокомпрессора (рис. 8), поэтому такой способ внедряется в серийные турбокомпрессоры и будет использован при разработке новых моделей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аболтин Э. В. Исследование газостатических подшипников автомобильного турбокомпрессора. В сб. «Труды НАМИ», вып. 183, 1981, с. 10—17.
2. Файн М. А. Анализ перспектив развития систем регулирования наддува дизелей с использованием описаний патентов на изобретения. — Двигателестроение, 1981, № 2, с. 36—38.
3. Ляцев Б. Ф., Зайченко Е. Н. Об износоустойчивости высокоскоростных подшипников скольжения с плавающими втулками. — Двигателестроение, 1979, № 10, с. 37—40.

# Повышение долговечности гильз цилиндров дизеля

Д-р техн. наук Ю. П. ГРИГОРЬЕВ, М. Б. ИВАНИЙ

Завод-вуз при Московском автозаводе им. И. А. Лихачева

НА ПРАКТИКЕ нередко наблюдаются случаи разрушения гильз цилиндров дизелей значительно раньше срока, определяемого прочностным расчетом. Разрушения имеют явно выраженный усталостный характер и появляются в области кольцевой проточки, расположенной под уплотнительным буртиком цилиндра. Их причина — переменные напряжения, которые возникают около буртика гильзы под действием силы предварительной затяжки, обеспечивающей уплотнение при стягивании головки с блоком цилиндров, и циклически изменяющегося давления газов в камере сгорания.

Попытки уменьшить напряжения в проточке и повысить долговечность цилиндра путем увеличения внешнего диаметра его буртика или за счет фасок на внешнем крае цилиндра предпринимались неоднократно. Однако положительных результатов такие меры не дают и, в то же время, ведут к существенному изменению конструкции гильзы и самого блока цилиндров, усложняют их изготовление. В связи с этим поиски продолжались, и было найдено сравнительно простое, не требующее существенных изменений технологии изготовления, конструктивное изменение формы буртика гильзы, которое может повысить усталостную долговечность цилиндра в 2—3 раза: расчеты, проведенные методом конечных элементов, показали, что напряжения в опасных зонах доработанной гильзы снижаются на 50%.

Суть изменения заключается в следующем. Как видно из рис. 1, буртик 2 цилиндра в верхней своей части имеет выточку 3 под уплотнительное кольцо 4, а в нижней — переходит в стенку цилиндра. Переход образован плавной проточкой 1. Именно здесь и возникают усталостные трещины. Однако расчеты показывают, что в области проточки напряжения от давления газов в цилиндре и от бокового давления поршня незначительны и не могут быть причиной усталостного разрушения. Значит, можно предположить, что более вероятная причина появления трещин — циклические тепловые напряжения при наличии достаточно большого градиента температуры по толщине стенки. Но и это предположение оказывается несостоятельным: за счет циклических тепловых напряжений в стенке гильзы появляются окружные растягивающие напряжения, которые могут привести к образованию трещин только по образующей цилиндра. Наблюдающиеся же на практике трещины имеют четко выраженное окружное направление. Следовательно, здесь должны действовать растягивающие напряжения, направленные именно вдоль образующей.

Источник таких напряжений удалось выявить. При затяжке гаек крепления головки блока буртик сжимается через уплотнительное кольцо 4 силой  $P$ , которая уравновешивается силой реакции  $Q$  со стороны блока цилиндров. Буртик при такой нагрузке можно рассматривать как очень короткую консольную балку, упруго закрепленную на стенке цилиндра и сжимаемую с двух сторон (рис. 2). В слоях стенки гильзы, примыкающих к буртику, возникают (штриховые линии) значительные растягивающие напряжения.

В процессе работы двигателя циклически изменяются силы затяжки головки: от некоторого максимума, определяемого условиями сборки двигателя, до минимума  $P - P_r$  ( $P_r$  — наибольшая сила действия газов на головку). Цикл изменения усилия затяжки, а следовательно, и напряжений в области проточки 1 (рис. 1), имеет положительную асимметрию. При определении долговечности цикл (в запас прочности) можно считать пульсационным.

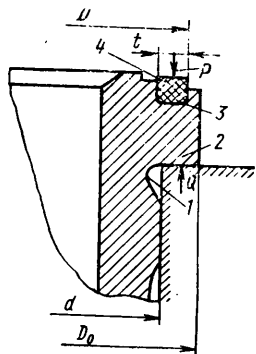


Рис. 1. Верхняя часть гильзы цилиндра с уплотнением

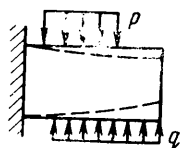


Рис. 2. Схема нагружения буртика гильзы цилиндра при затяжке

При расчете напряжений в стенке гильзы методом конечных элементов применяли осесимметричный торондальный треугольный элемент с линейной аппроксимацией перемещений по нему. Разбиение плоской пластины, представляющей собой осевое сечение гильзы, на треугольные элементы показано на рис. 3, а. Нагрузки, действующие на поверхности буртика гильзы, считали известными. Значения узловых сил определяли по формулам работы [1]. Радиальные перемещения гильзы в месте посадки ее в блок считали равными нулю. Неподвижность внешней поверхности цилиндра обеспечивалась радиально расположенными шарнирными связями, а неподвижность гильзы цилиндра как твердого тела — вертикальными связями, препятствующими осевым перемещениям. Рассматривали отрезок гильзы вблизи буртика. Его длину определяли величиной области, где влияние буртика незначительно и напряжения оказываются распределенными по сечению цилиндра практически равномерно.

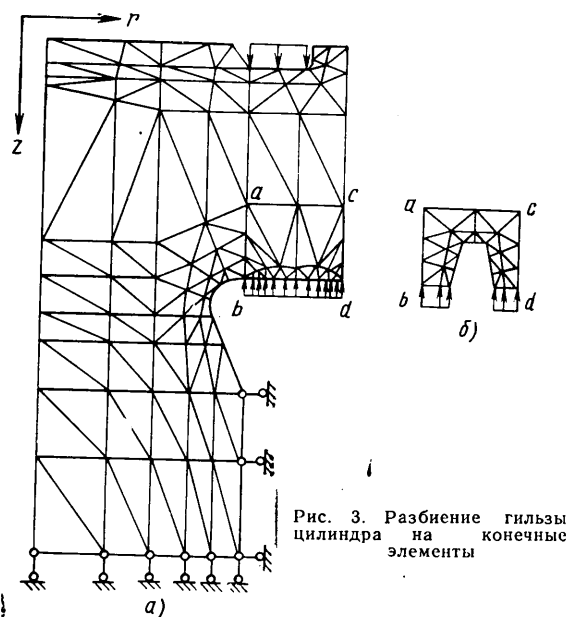


Рис. 3. Разбиение гильзы цилиндра на конечные элементы

При расчете напряженного состояния гильзы цилиндра использовали программу МКЭ, рассмотренную в работе [2]. Давление в цилиндре принимали равным 8 МПа. Коэффициент затяжки по условию плотности стыка должен быть равным 1,5—2,0 для постоянных нагрузок и 2,5—4,0 — для переменных. В данном случае его приняли равным 4,0. Полученные при расчете результаты показали, что в наиболее напряженном элементе (точка А на рис. 4, а) напряжения  $\sigma_1 = 214$  МПа и  $\sigma_3 = 21,3$  МПа. При удалении от точки А напряжения быстро уменьшаются. Таким образом, наиболее напряженная область располагается вблизи перехода буртика в проточку.

Для уменьшения напряжений в ней был использован прием, аналогичный описанному в работе [1], — за счет дополнительной кольцевой проточки П (рис. 4, б) на нижней поверхности буртика гильзы: проточка вызывает концентрацию напряжений в безопасной области буртика и одновременно

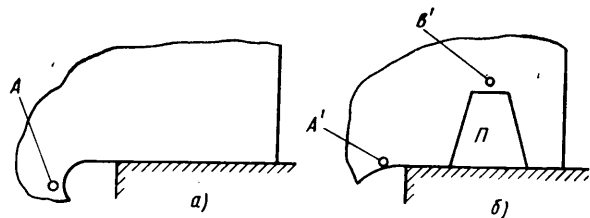


Рис. 4. Расчетные напряжения в опасных зонах

снижает их в опасных точках А. Происходит это из-за снижения жесткости буртика после выполнения проточки (рис. 3,б).

Расчет напряженного состояния гильзы с разгружающей проточкой требует изменения разбиения сечения на конечные элементы только в области *abcd* вокруг проточки (рис. 3,б), в остальной части гильзы оно остается таким, как показано на рис. 3,а. Решение МКЭ при новом разбиении показывает, что опасная зона от точки А смещается ближе к выточке (рис. 4,б). Напряжения становятся наибольшими в элементе А':  $\sigma_1=105$  МПа и  $\sigma_3=-15,3$  МПа. В то же время возникает вторая опасная зона вблизи разгружающей проточки (элемент В'), где  $\sigma_1=61,1$  МПа и  $\sigma_3=18$  МПа.

Напряженное состояние в опасной зоне гильзы цилиндра исследовали также поляризационно-оптическим методом. Модель, изготовленная из оптически активного материала, представляла собой осевое сечение гильзы цилиндра в районе конической проточки П (рис. 4,б). Модель испытывали на поляризационной установке ППУ-7. Монохроматический луч света проходил через светло-желтый светофильтр, установленный перед моделью. Нагрузка к модели прикладывалась при помощи специально изготовленной струбины, которая обеспечивала схему нагружения, соответствующую нагружению гильзы цилиндра (рис. 2). Точно так же испытывали модель с исходной проточкой.

На рис. 5,а,б приведены результаты исследования напряженного состояния, полученные при помощи поляризационно-оптического метода для обеих гильз цилиндра с одинаковой нагрузкой. Из рисунка видно, что для гильзы цилиндра без дополнительной проточки полосы в опасной зоне располагаются чаще, чем для гильзы цилиндра с дополнительной проточкой. Это означает, что в опасной зоне гильзы цилиндра с разгрузкой пик напряжений ниже (отмечаются три полосы) пика напряжений в опасной зоне исходной гильзы цилиндра (четыре полосы). В то же время в районе дополнительной проточки отмечается сгущение полос, что указывает на некоторое повышение напряжений в этом районе. Однако число полос здесь невелико, следовательно, и пик напряжений будет незначи-

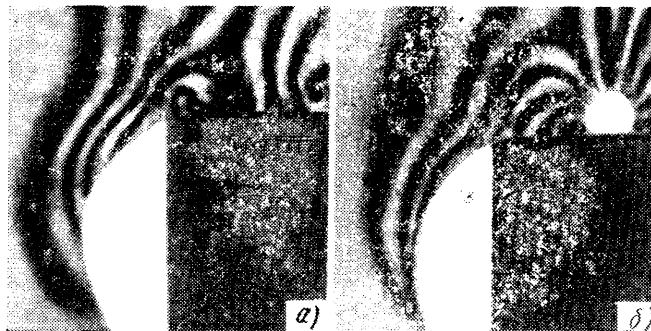


Рис. 5. Картины полос в опасной области гильзы цилиндра при сжатии буртика

тельным, и номинальные напряжения растяжения в зоне расположения дополнительного надреза получатся меньше напряжений в опасной зоне.

Таким образом, проточка действительно выравнивает напряженное состояние гильзы и, уменьшая расчетные напряжения в выточке 1 (рис. 1), ведет к значительному повышению долговечности конструкции.

Как уже упоминалось, предлагаемый метод улучшения напряженного состояния гильзы цилиндра не требует сколько-нибудь существенного изменения конструкции или технологии ее изготовления. Он не сказывается и на расчетах общей прочности гильзы обычными методами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев Ю. П., Иванов М. Б. Увеличение ресурса крепежных деталей двигателей. — Автомобильная промышленность, 1981, № 11, с. 10—11.
2. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. 322 с.

УДК 621.436.038.772-03

## Фильтровальные материалы для фильтров тонкой очистки топлива дизелей

А. С. КУКУШКИН, канд. техн. наук М. А. ГРИГОРЬЕВ, В. А. МАСЛЕННИКОВ  
Ярославский завод топливной аппаратуры, НАМИ

ОТ КАЧЕСТВА очистки топлива в системе питания дизеля зависит не только техническое состояние прецизионных деталей его топливной аппаратуры, но и стабильность ее рабочих параметров. Поэтому подбор материала элементов фильтров тонкой очистки топлива имеет не только и не столько теоретический, сколько практический интерес. В связи с этим и был исследован топливный фильтр двигателя ЯМЗ-236 с фильтрующим элементом из древесной муки и, для сравнения, топливный фильтр с фильтрующими элементами из бумаг БТ-5П и БТ-10П.

Испытания проводили в комплекте с топливной аппаратурой двигателя ЯМЗ-236 на стенде ускоренных виброиспытаний (конструкция ЦНИТА), дооборудованном двумя баками с механическими смесителями для приготовления суспензии топлива с загрязнителем, двумя независимыми контурами циркуляции топлива через два фильтра и топливным насосом высокого давления (ТНВД) с рейкой, жестко закрепленной в положении, соответствующем номинальной частоте вращения кулачкового вала (рис. 1).

Такая схема дала возможность вести параллельные испытания двух разных

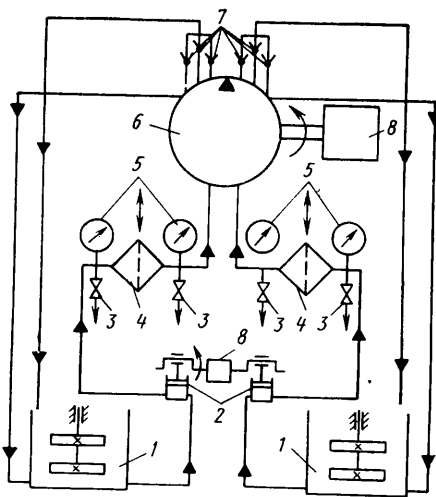


Рис. 1. Гидравлическая схема стенда для испытаний топливных фильтров:

- 1 — топливные баки со смесителями; 2 — топлив-подкачивающие насосы; 3 — краны для отбора проб топлива; 4 — исследуемые фильтры тонкой очистки топлива; 5 — манометры; 6 — топливный насос высокого давления; 7 — форсунки; 8 — двигателя и система управления

фильтров, что повышало достоверность получаемых результатов.

Результаты исследования серийных и опытных элементов приведены в табл. 1 и на рис. 2.

Как видно из таблицы, фактические, т. е. соответствующие реальным (или близкие к реальным) условиям эксплуатации, начальные параметры фильтров тонкой очистки в системе питания дизеля не соответствуют ГОСТ 14146—79. Так, при проверке по ГОСТ тонкость и полнота отсева фильтра с элементами из древесной муки и из бумаги БТ-10П находились на одном уровне. В условиях же, близких к реальным, эффективность очистки топлива элементом из бумаги БТ-10П оказалась в 2 раза выше, т. е. фильтр лучше защищая прецизионные детали топливной аппаратуры от абразивного износа и, соответственно, увеличивал срок ее службы. Еще более высокие показатели по очистке имеет элемент из бумаги БТ-5П. Однако в связи с тем, что срок его службы составляет 386—490 ч (табл. 2), т. е. менее 500 ч, рекомендуемый для применения в системе питания двигателей ЯМЗ. Опыт эксплуатации показывает, что исполь-

Материал фильтрующего элемента	Начальные параметры фильтров по ГОСТ 14146-79 на загрязнителе с $S_{уд} = 10500 \text{ см}^2/\text{г}$			Параметры фильтров при износных испытаниях на загрязнителе с $S_{уд} = 5600 \text{ см}^2/\text{г}$		Относительная износостойкость прецизионных деталей <sup>2</sup>			Относительная стабильность цикловых подач <sup>3</sup>	
	Номинальная (средняя) толщина отсева <sup>1</sup> , мкм	Полнота отсева	Начальное сопротивление фильтра, кПа	Номинальная (средняя) толщина отсева, мкм	Полнота отсева	Плунжерная пара	Клапанная пара	Распылитель форсунки	Пусковая подача	Номинальная подача
Древесная мука	7-15 (1,4-3,4)	0,85-0,72	6,9-8,3	35-40 (10,4-13,6)	0,61±0,05	3,8-4,2	2,4-3,7	3,6-4,0	2,3-4,7	2,5-3,7
Бумага	9-12	0,85-0,74	0,7-1,1	15-20 (3,4-5)	0,81±0,02	32-44	35-37	50-37	50-51	52-65
БТ-10П	(1,8-2,6)	(0,9-0,87)	1,9-2,2	9-13 (1,8-2,8)	0,91±0,02	120	120	120	120	120
Бумага	6-8									
БТ-5П	(1,1-1,6)									

<sup>1</sup> Номинальная толщина отсева — 95%, средняя — 50%.

<sup>2</sup> Определена относительная износостойкость деталей при работе топливной аппаратуры с фильтром без элемента.

<sup>3</sup> Определена относительная стабильность цикловых подач при работе с фильтром без элемента.

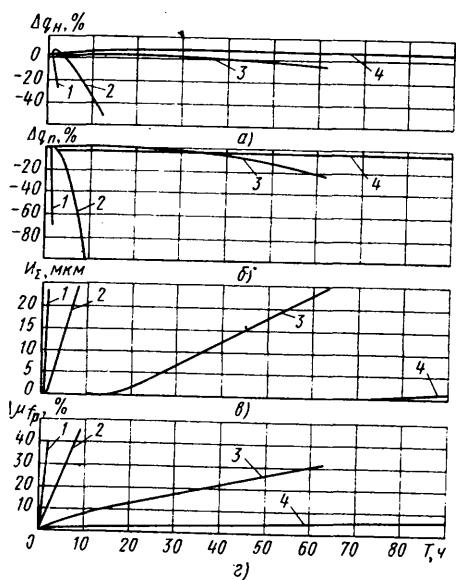


Рис. 2. Зависимости изменения параметров топливной аппаратуры от продолжительности испытаний:

а, б — соответственно номинальная и пусковая подача секций; в — суммарная глубина износов плунжера и втулки; г — эффективное проходное сечение распылителей форсунок; 1 — испытания топливной аппаратуры и фильтра без элементов; 2, 3, 4 — соответственно испытания топливной аппаратуры и фильтра с элементами из древесной муки, бумаги БТ-10П и БТ-5П

зование фильтрующих элементов с высокой эффективностью очистки топлива, но с недостаточным сроком службы приводит к относительно быстрому возрастанию в них гидравлического сопротивления и уменьшению подачи топлива к ТНВД, а следовательно, и мощности двигателя. Поэтому водителю приходится часто менять фильтрующие элементы, что влечет за собой дополнительное внесение в топливную аппаратуру загрязнений (например, абразивной пыли) или, если в хозяйстве нет запасных, переводить двигатель на работу без фильтрующего элемента, что резко — во много раз — увеличивает интенсивность изнашивания деталей топливной аппаратуры (рис. 2). Поэтому фильтрующие элементы должны обеспечивать не только высокую степень очистки топлива, но и иметь достаточно большой ресурс.

Оптимальной для фильтров тонкой очистки с бумажными элементами дизелей ЯМЗ можно считать среднюю толщину отсева ~2 мкм. С этой точки зрения фильтр с элементом из бу-

маги БТ-10П хотя и не удовлетворяет требованиям ГОСТ 14146-79 по отделению механических примесей, но более приемлем для двигателей ЯМЗ, чем с элементом из древесной муки, так как при сроке службы ≥ 750 ч имеет достаточно высокую эффектив-

боты топливного фильтра можно оценить не только путем сравнения рабочих параметров, но и непосредственно по величине износа рабочих поверхностей прецизионных деталей. Это хорошо видно из рис. 3, где показано, как изменяется эффективное проходное

Таблица 2

Тип и материал фильтрующего элемента фильтра	Срок службы фильтрующего элемента, ч		Периодичность замены элементов в соответствии с инструкцией по эксплуатации дизелей ЯМЗ, ч
	в условиях моторно-стендовых испытаний	в условиях эксплуатации	
Объемный из древесной муки	—	—	250
Поверхностные из бумаги:			
БТ-5П	190-250	386-490*	250
БТ-10П	472-500	>750**	750

\* Определен в условиях эксплуатации автомобилей МАЗ-503А.

\*\* Определен в условиях эксплуатации автомобилей МАЗ-503А, МАЗ-504Б, КрАЗ-256, БелАЗ-540А.

ность защиты прецизионных деталей топливной аппаратуры от абразивного изнашивания (см. рис. 2). Тем более, что общие затраты на его изготовление и обслуживание значительно меньше.

Из табл. 1 и рис. 2, кроме того, видно, что рабочие параметры фильтра однозначно определяют интенсивность износов прецизионных деталей топливной аппаратуры дизеля и стабильность ее рабочих параметров в конкретных условиях. Причем эффективность ра-

сечение распылителя форсунки в зависимости от суммарной глубины износов плунжера и втулки при использовании кварцевого загрязнителя с удельной поверхностью  $S_{уд} = 5600 \div 10500 \text{ см}^2/\text{г}$ . Коэффициент корреляции данной зависимости равен 0,96, что указывает на тесную связь между величинами износов рабочих поверхностей плунжерной пары и распылителя форсунки.

Из рисунка видно также, что экспериментальная прямая не проходит через начало координат. Это объясня-

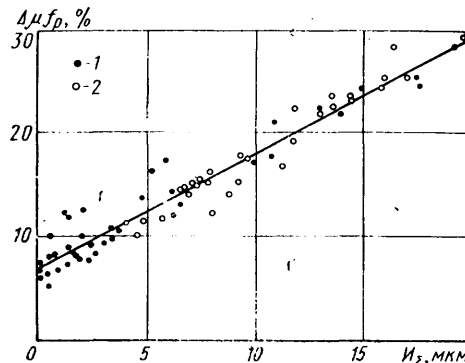


Рис. 3. Отрицательная зависимость увеличения  $\Delta\mu_f$  и  $I_{\Sigma}$

1 — загрязнитель с  $S_{уд} = 5600 \text{ см}^2/\text{г}$ ; 2 — загрязнитель с  $S_{уд} = 10500 \text{ см}^2/\text{г}$

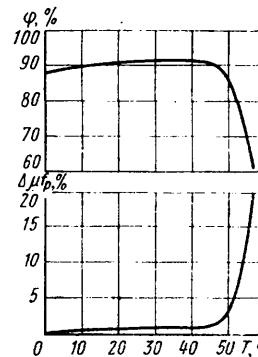


Рис. 4. Зависимость  $\Delta\mu_f$  распылителя форсунки и полноты отсева Ф ФТО от продолжительности испытаний T

ется тем, что износ рабочих поверхностей плунжера и втулки фиксируется в выбранных для контроля сечениях (рис. 2, в) только через некоторое время после начала испытаний. (Это время также является параметром, характеризующим эффективность работы топливного фильтра).

Учитывая, что трудоемкость и погрешности контроля параметров распылителя форсунки ниже, чем параметров плунжерной пары, сравнительную оценку эффективности работы топливных фильтров можно производить путем контроля технического состояния распылителей форсунок.

На рис. 4 приведены изменения эффективного проходного сечения распылителя форсунки и полноты отсева фильтров тонкой очистки с нарушенной через 45 ч работы герметичностью уп-

лотненный фильтрующего элемента, изготовленного из бумаги БТ-5П. Если рис. 4 сравнить с рис. 2, то видно, что проблема эффективной защиты прецизионных деталей топливной аппаратуры не может быть решена только путем выбора фильтровального материала. Необходимо еще обеспечить и надежность фильтра в целом.

Таким образом, приведенная методика исследования позволяет воспроизводить условия работы фильтров в системе питания двигателя и может быть рекомендована для сравнительной оценки как существующих, так и вновь создаваемых фильтров тонкой очистки топлива. Материалом для элементов фильтров тонкой очистки, близким к идеальному, можно считать такой, который при номинальной тонкости от-

сева 1—3 мкм обеспечивал бы срок службы элемента до замены более 500 ч. В принципе, он может быть создан, например, из тонкого полимерного материала поверхностного типа, при обеспечении в нем развитой микропористой структуры и неадсорбирования на стенках пор частиц, включая асфальтосмолистые. Однако, поскольку таких материалов для массового производства фильтров пока нет, то наиболее перспективной (из существующих в настоящее время) для двигателей ЯМЗ следует считать фильтровальную бумагу типа БТ-10П со средней тонкостью отсева около 2—3 мкм. Она обеспечит достаточный срок службы элементов (более 500 ч) при относительно высоком качестве очистки топлива.

# АВТОМОБИЛИ

УДК 629.114.6.011.5.001.24:001.891.57

## Расчет кузова легкового автомобиля на прочность методом конечных элементов — один из путей экономии металла

А. А. КРЫЛОВ, Р. А. МЕЖЛУМЯН

НАМИ

Для исследования прочности и жесткости автомобильных кузовов методом конечных элементов разработано много программ. Некоторые из них, например, программы SAMIS и TPS 10, позволяют провести статический анализ конструкций, программы NASTRAN, SAP, STARDYNE и др. — проанализировать статические и динамические режимы работы очень больших и сложных конструкций кузовов. Однако все они имеют весьма существенные недостатки: в расчетной схеме кузова используется большое число конечных элементов, в расчетах не учитывается потеря устойчивости обшивкой кузова, что нередко наблюдается в практике.

Очевидно, чтобы число моделируемых узлов и элементов было сравнительно небольшим, их изображение — адекватным исследуемой конструкции, информационные данные — управляемы, а их обработка при помощи ЭВМ — достаточно надежна, нужны новые программы и методики моделирования. Об одной из них — достаточно эффективной и точной методике расчета кузова легкового автомобиля на прочность и жесткость — и рассказывается ниже.

Новая методика дает возможность уже на стадии проектирования просчитать большое число вариантов кузовов, причем просчитать довольно быстро и выбрать конструкцию, оптимальную с точки зрения прочности, жесткости, металлоемкости и равнопрочности несущих элементов.

Методика апробирована применительно к кузову автомобиля ВАЗ-2101. При ее помощи оценивали напряженное состояние кузова; анализировали влияние изменения толщины панелей и профилей кузова на его напряженно-дефор-

мированное состояние, искивали средства для более равномерного распределения напряжений по кузову; исследовали влияние углов наклона стоек ветрового и заднего окон кузова типа «седан» на его напряженно-деформированное состояние. Примерно такие же расчетно-экспериментальные исследования были выполнены и для кузова автомобиля ЛуАЗ. Их результатом стала разработка рекомендаций по снижению металлоемкости и обеспечению заданной прочности кузовов.

В основу предлагаемой методики расчета кузова легкового автомобиля положена расчетная схема (рис. 1), в которой используются раскосные конструкции. Число узлов в расчетной схеме — 24, элементов — 96. Сосредоточенные крутящие моменты (их шесть) принимают каждый равным 980 Н·м. Им соответствует угол закручивания конструкции, равный 0,0065 рад. Если же такую нагрузку приложить к панельной (коробчатой) конструкции, как делается по методике, изложенной в работе [1], то угол ее закручивания будет равен 0,0069 рад. Примерно такая же картина наблюдается (табл. 1) и в отношении погонных касательных сил в стенках обеих конструкций. Это означает, что принятая расчетная схема практически эквивалентна сложной панельной.

Как было указано выше, расчетная схема кузова представляет собой пространственную систему, образованную осями стержневых конечных элементов, оси которых проходят через центр тяжести их поперечных сечений. С точки зрения жесткости и прочности конструкции, в тех местах, где напряжения могут очень сильно меняться, размеры элементов желательно уменьшить, а там, где напряжения почти постоянны, — увеличить. Поэтому тонкостенные стержни кузова, в соответствии с предлагаемой методикой, заменяют балочными конечными элементами, а панель обшивки — диагональ-

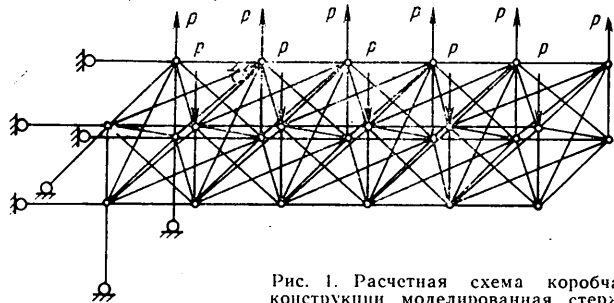


Рис. 1. Расчетная схема коробчатой конструкции моделируемая стержневыми конечными элементами

Таблица 1

Стенки конструкции	Погонные касательные силы в конструкциях кузовов, кН/м	
	панельная	раскосная
Передние	26,9	30,1
	17,7	18,2
	12,4	12,5
	7,8	8,1
Верхние	3,1	3,1
	13,9	11,3
	15,0	15,1
	12,1	12,4
Поперечные	8,5	8,6
	5,1	5,3
	-3,1	-3,8
	2,9	2,7
	3,6	3,8
	3,3	3,3
	5,1	5,3

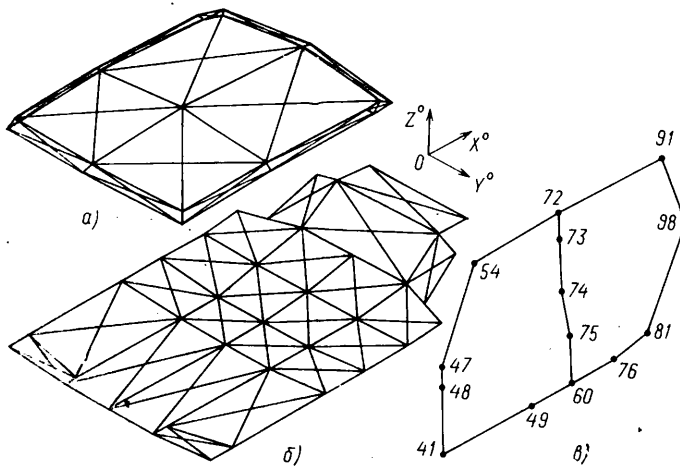


Рис. 2. Модели некоторых конструктивных групп кузова легкового автомобиля

ными (раскосами). Основная система расчетной схемы строится путем введения связей в узлах конечных элементов по направлению возможных их перемещений. Число связей определяет порядок системы уравнений условия равновесия основной системы. За границы элементов (узлы) принимают сечения, в которых происходит изменение геометрических характеристик; места крепления упругих элементов подвески; сечения, в которых приложена внешняя нагрузка, идеализированная в виде системы узловых сосредоточенных сил. При расчетах учитывают переменность сечений по длине стержней кузова, что очень важно для получения точных характеристик его напряженно-деформированного состояния. Для повышения точности расчетов можно назначать дополнительные узлы: например, в случае нагружения конструкции распределенной нагрузкой или при необходимости уточнения деформированного состояния кузова.

Следующий этап составления расчетной схемы — нумерация узлов и элементов. Для узлов она выполняется по спирали, начиная от передней части кузова и кончая задней его частью (правда, для обеспечения минимальной ширины матрицы жесткости от этого правила иногда приходится отступать — переставлять номера некоторых узлов), а для элементов начинается с первого узла, возрастая по мере возрастания номеров соединяемых ими узлов.

Иногда, однако, расчетную схему бывает удобнее составлять отдельно для каждой из конструктивных групп автомобильного кузова с последующей стыковкой узловых точек. Примером может служить рис. 2, где показаны расчетные схемы крыши (а), основания (б) и боковины (в) кузова автомобиля ВАЗ-2101.

Концы стоек ветрового и заднего его окон имеют повышенную жесткость за счет увеличения размеров сечений стоек в местах соединения их с элементами крыши, передней и задней части кузова. Однако исследования показали, что увеличенная жесткость концов стоек практически не сказывается на напряженном состоянии элементов кузова, поэтому каждая стойка в схеме замснена одним элементом. Средняя же стойка моделируется четырьмя конечными элементами (учитывается изменение ее поперечного сечения по длине), передняя — двумя. Узлы, указанные на пороге основания, соответствуют местам крепления порога со средней стойкой и с поперечинами основания.

Та часть крыши, где напряжения почти постоянны, на схеме промоделирована укрупненными элементами. Усилители крыши, поперечины ветрового и заднего окон, а также изогнутые части панели заменены стержневыми конечными элементами, а остальная часть крыши — раскосными.

При моделировании основания учитывалась его корытообразная форма. Поперечины и усилители основания, а также тоннель пола заменены стержневыми конечными элементами. Нижние концевые части передних крыльев в расчетную схему не включены, так как их влияние на прочность и жесткость кузова незначительно. В итоге оказалось: число узлов в модели кузова автомобиля ВАЗ-2101 равно 140, число элементов — 433.

Расчет кузова ведется по программе, которая, как уже упоминалось, достаточно проста и экономична в смысле расхода машинного времени и времени на подготовку исходной информации. При ее разработке использованы программы НАМИ АПАР-1, АПАР-2 и ГХС [2 и 3]. В ней

предусмотрены проверка исходной информации при помощи тестов и графический контроль правильности геометрии расчетной схемы.

Кузов, как известно, рассчитывают на изгиб и кручение. Но так как у легкового автомобиля поперечные сечения стержневых элементов кузова в основном закрытого профиля и близки к квадрату, то в этих сечениях при кручении нормальные напряжения почти не возникают. Поэтому при расчетах принимают гипотезу, что элементы кузова работают только на чистое кручение. При изгибе вектор внешней нагрузки  $P$  формируют в соответствии с массовой характеристикой автомобиля. Положительные его направления соответствуют положительным направлениям перемещений. Крутящий момент определяется по методике, разработанной в НАМИ. Геометрические характеристики сечений элементов вычисляют в местной системе координат.

Для открытых участков (с открытым профилем сечения) ограничение свободы деформации концов повышает общую жесткость стержня при кручении, что учитывают приведенным моментом инерции, отличающимся от момента инерции при свободном кручении на некоторый множитель [3].

В результате расчета кузова на изгиб и кручение на основе пространственной расчетной схемы определяют линейные и угловые перемещения всех узлов, поперечные и продольные силы, изгибающие и крутящие моменты, погонные касательные силы панелей (последние определяют с помощью нормальных сил, возникающих в раскосах). Определяют также массу конструкции (что очень важно при проведении исследований по снижению металлоемкости кузова). Для каждого элемента получается два момента и две силы — в его начале или конце. Касательные напряжения в стержневых элементах кузова от крутящего момента малы, поэтому при определении эквивалентных напряжений их можно не учитывать.

Затраты машинного времени по предлагаемой методике для расчета несущего кузова типа «седан четырехдверный» (ВАЗ-2101) и открытого кузова рамной конструкции (ЛуАЗ) на ЭВМ ЕС-1022 составляют 28—30, а на ЕС-1040 — 8—10 мин.

Полученная картина напряженно-деформированного состояния кузова автомобиля ВАЗ-2101 подтверждает его достаточную статическую прочность и жесткость (величины напряжений как при изгибе, так и при кручении кузова находятся в основном в допустимых пределах). Однако следует отметить, что при кручении в нижних частях стоек ветрового окна возникает напряжения, превышающие допустимые. Кроме того, напряжения по кузову распределены неравномерно.

Результаты расчета двух упомянутых кузовов по рассмотренной методике показали: именно способность сопротивления кузова кручению определяет его прочностные и жесткостные качества. Выяснено также, что стержневые элементы кузова легкового автомобиля работают в основном на изгиб: напряжения от растягивающих и сжимающих сил гораздо меньше напряжений от изгибающих моментов. Касательные напряжения в панелях обшивки также весьма незначительны по величине.

Стало ясным и влияние углов наклона стоек ветрового и заднего окон кузова на его напряженно-деформированное состояние, что позволяет на стадии проектирования автомобиля наряду с аэродинамическими, эстетическими и другими требованиями выбирать оптимальные значения этих углов с точки зрения прочности и жесткости как самих стоек, так и тех элементов, напряженно-деформированное состояние которых изменяется в зависимости от углов наклона стоек: при увеличении угла наклона стоек в плоскости ветрового окна автомобиля ВАЗ-2101 всего на  $4^\circ$  максимальное напряжение в нижней части стоек уменьшается почти в 2 раза (до 78 МПа).

Разработанная методика позволяет снизить металлоемкость проектируемого кузова. С ее помощью, в частности, удалось определить что напряженно-деформированное состояние несущего кузова типа «седан» зависит от толщины панелей крыши и пола, передних брызговиков, щитка передка, передних лонжеронов, средних лонжеронов пола и лонжеронов заднего пола, но практически не зависит от толщины передних и задних крыльев, пола багажника и задней панели задка. Это означает, что массу кузова автомобиля ВАЗ-2101 можно уменьшить на 14,5 кг, без потери им прочностных свойств. В результате расчета несущей системы автомобиля ЛуАЗ выяснилось, что наибольшие напряжения возникают в средней части лонжеронов рамы в местах соединения с поперечинами и консолями, причем в отдельных сечениях напряжения в некоторых местах (при кручении) превышают допустимую величину. Изменяя толщины



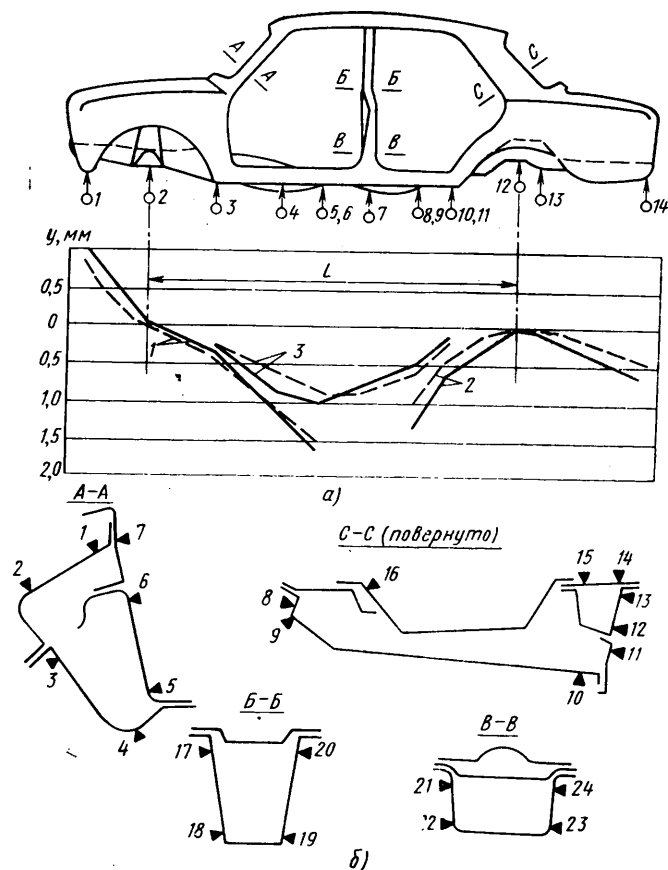


Рис. 3. Результаты расчета кузова легкового автомобиля ВАЗ-2101 при изгибе:

а — расчетные (штриховые линии) и экспериментальные (сплошные линии) прогибы у основания кузова (1—14 — места установки индикаторов); б — места установки тензодатчиков (1—24) в сечениях стоек кузова; 1 — передний лонжерон основания; 2 — задний лонжерон основания; 3 — порог

элементов и обшивки кузова, заменяя замкнутый профиль лонжеронов рамы на открытый и т. д., удалось выяснить, что массу кузова автомобиля можно снизить на 15,6 кг.

№ тензодатчика	σ изг., МПа		№ тензодатчика	σ изг., МПа	
	расчетная	экспериментальная		расчетная	экспериментальная
1	14,9	14	13	10,1	8
2	-30,1	-26	14	7,5	6
3	9,6	10	15	4,8	4
4	-8,6	-12	16	9,9	8
5	10,9	12	17	6,3	8
6	24,1	24	18	-7,4	-8
7	22,7	18	19	0	0
8	22,4	28	20	11,7	14
9	-3,1	-4	21	2,9	4
10	0,1	0	22	11,1	10
11	-1,2	-2	23	-2,6	-4
12	0,1	0	24	-2,2	-2

Исследования показали также, что варьированием геометрических характеристик несущих элементов можно влиять на напряженно-деформированное состояние всех элементов кузова, определять пределы изменения моментов инерций, при которых напряжение в элементах не превышает допускаемого значения, а затем выбирать те значения геометрических характеристик, при которых обеспечивается равнопрочность несущих элементов кузова.

Чтобы оценить степень совпадения результатов расчета и результатов эксперимента, на рис. 3 показаны линии прогибов основания кузова автомобиля ВАЗ-2101, полученные расчетным и экспериментальным путями. Величины напряжений в некоторых точках поперечных сечений стоек (рис. 3, б) приведены в табл. 2. Как видно из рисунка и таблицы, сходимость результатов расчета и эксперимента достаточно высока. Это означает, что предлагаемая методика расчета кузова действительно эффективна и может быть использована конструкторами на стадии технического проекта вновь создаваемых кузовов легковых автомобилей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уманский А. А. Пространственные системы. М.: Стройиздат, 1948. 304 с.
2. Черный А. Н. Численная реализация метода конечных элементов в исследовании автомобильных рам. М.: НИИН-автопром, Д. 365, 1979. 12 с.
3. Гельфгат Д. Б. и Ошников В. А. Рамы грузовых автомобилей. М.: Машиностроение, 1959. 231 с.

УДК 658.511.2:629.114.4.011.2

## Пути снижения металлоемкости рам грузовых автомобилей

Канд. техн. наук В. Н. БЕЛОКУРОВ

Завод-вуз при Московском автозаводе им. И. А. Лихачева

**Р**АМА — основной несущий элемент грузового автомобиля: на ней крепятся все основные его узлы; замена ее или отдельных ее элементов связана практически с полной разборкой автомобиля. Кроме того, она и один из наиболее металлоемких элементов. Именно поэтому проблемы создания высокопрочных рам со сроком службы до списания автомобиля, снижения их металлоемкости становятся проблемами, имеющими огромное народнохозяйственное значение. Между тем проектирование новых конструкций рам до сих пор, как правило, ведут по прототипам, с учетом опыта их эксплуатации, т. е. основное внимание уделяют усилению слабых мест, увеличению долговечности. Слабонагруженные же их зоны чаще всего оставляют без внимания, хотя запасы прочности в них в результате усиления перенагруженных зон резко возрастают, что отрицательно сказывается на общей металлоемкости конструкции. Аналогичная картина наблюдается и на стадии доводки автомобиля.

Избежать этого противоречия в принципе можно, как известно, если конструкции делать равнопрочными, т. е. идти по пути оптимизационного проектирования [1]. Однако такой путь, весьма эффективный при решении простых задач проектирования, для оптимизации конструкций автомобильных рам в настоящее время просто нереален. В первую очередь, из-за сложности оценки основного критерия оптимальности — уче-

та накопления усталостного повреждения: для оценки долговечности отдельных элементов конструкции необходимо знать параметры их кривых усталости при нагрузках, близких к эксплуатационным. Таких данных, как известно, в настоящее время нет.

Не меньше трудностей встречается и при расчетной оценке действующих в конструкции напряжений: точность определения напряженно-деформированного состояния рамы зависит от достоверности прикладываемых нагрузок и возможностей алгоритма расчета. Величины нагрузок, передаваемые на раму со стороны подвески, кузова и т. д., неизвестны. Их расчетное определение возможно только при наличии динамической расчетной схемы всей несущей системы автомобиля, которой в настоящее время нет. Использование в расчетных схемах рам условного разделения нагрузок на вертикальные (симметричные и кососимметричные) и горизонтальные эффективно только для снижения порядка системы уравнений при раскрытии статической неопределенности и для сравнительной оценки напряженного состояния аналогичных конструкций. Но даже при упрощенных схемах нагружения расчетное определение напряжений затруднено. Использование более простых и менее трудоемких стержневых расчетных схем не позволяет учитывать всех особенностей конструкций рам, в частности, конструкций узлов. Кроме того, они учитывают концентрацию

напряжений, без которых оценка прочности в условиях переменных нагрузок просто немыслима.

Теоретически этих недостатков можно избежать, рассматривая раму как совокупность оболочек и используя для их расчета метод конечных элементов (МКЭ). Практически, как показывает опыт, для получения достаточной точности расчета раму приходится представлять в виде очень большого числа конечных элементов, что приводит к слишком значительным затратам машинного времени и ручного труда при подготовке исходных данных.

Снижения металлоемкости рам грузовых автомобилей следует добиваться другими путями: в первую очередь, уделить внимание не оптимизационному проектированию, а оптимизационной доводке существующих конструкций рам до равнопрочных (с максимальным использованием расчетных методов). При этом оптимизационную доводку реальнее проводить не для всей конструкции в целом, а локально, по основным узлам.

Здесь есть несколько путей, точнее, уровней оптимизационной доводки. Методически они близки и включают в себя следующие основные этапы:

исследование нагруженности аналогичных конструкций по результатам специальных тензометрических испытаний;

разработка расчетных схем, оценки их точности и пределов применения, проведение многовариантных расчетов, выбор оптимальных вариантов;

разработка и изготовление новой конструкции, проведение тензометрических (прочностных) стендовых или полигонных (эксплуатационных) испытаний с целью оценки эффективности доводки конструкции.

Чаще всего при проведении тензометрических исследований основное внимание уделяется наиболее нагруженным зонам. Как уже отмечалось, такой подход эффективен для повышения долговечности конструкции, но не для снижения ее металлоемкости. На заводе-вузе при ЗИЛе разработана методика тензометрических исследований напряженного состояния автомобильных рам с определением величин внутренних силовых факторов (ВСФ) в сечениях лонжеронов и поперечин. Методика включает в себя рекомендации по выбору мест наклейки датчиков, алгоритмы первичной обработки результатов статического тензометрирования с статистической оценкой их точности и алгоритмы определения величин ВСФ с оценкой их достоверности по значениям замеренных деформаций как при статическом, так и динамическом нагружении. Алгоритмы реализованы на настольной микро-ЭВМ «Электро-

ника ДЗ-28» путем разработки комплекса программ «ТЕНЗО-ВСФ». С использованием разработанной методики проведены тензометрические исследования автомобилей-самосвалов семейства ЗИЛ-ММЗ-(555, 554, 4501, 4502, 4505) и их опытных модификаций; автомобилей КамАЗ-5511, КамАЗ-5320 и МАЗ-503А.

На рис. 1 показаны эпюры ВСФ по длине лонжерона при закручивании отдельной рамы и при перекосе автомобиля на стенде. Эпюры получены при обработке по программе «ТЕНЗО-ВСФ» показаний тензодатчиков, наклеенных в 16 (I—XVI) сечениях (рис. 1,а; в каждом сечении от пяти до семи датчиков, всего около 100). Полученные эпюры позволяют оценить номинальное напряженное состояние в любой точке лонжерона, а не только в тех, где наклеены датчики.

Используя эпюры ВСФ при нагружении отдельной рамы основными видами нагружения, можно корректировать расчетные схемы последней. Сравнивая эпюры, например, при кручении отдельной рамы (эпюра 3) и при перекосе автомобиля (эпюра 1), можно оценить величины нагрузок, передаваемых на раму со стороны подвески и кузова. Такому анализу способствует искусственное исключение отдельных связей, например, перекося при отпущенных болтах крепления надрамника к раме (эпюра 2).

Получение подобных эпюр ВСФ для всего лонжерона в отдельные моменты времени при динамическом нагружении сложно из-за необходимости одновременной регистрации большого числа процессов. Однако оценить характер нагружения отдельных сечений и стержней рамы (участков лонжеронов и поперечин) можно и по ограниченному числу замеров. Для оценки характера нагружения отдельного сечения достаточно проведения одновременной записи при помощи 3—4, а для отдельного стержня—6—8 датчиков (меньшее число соответствует необходимому количеству датчиков, большее — повышает точность обработки измерений). В качестве примера на рис. 2 приведены графики изменения величин ВСФ (точнее, напряжений по кромке нижней полки от каждого фактора) в одном из сечений лонжерона при движении автомобиля на различных участках «белгийской мостовой» Центрального научно-исследовательского автополигона НАМИ.

Исследования нагруженности рам показывают, что как отдельные стержни, так и вся рама находятся в условиях одновременного многокомпонентного нагружения, связанного с изгибом в вертикальной и горизонтальной плоскостях и кручением.

Использование программ «ТЕНЗО-ВСФ» при оптимизации конструкции автомобильных рам наиболее эффективно в сочетании с проведением многовариантных расчетов гибридных расчетных схем, для которых оболочками считают зоны узлов, а участки лонжеронов и поперечин между ними — стержнями.

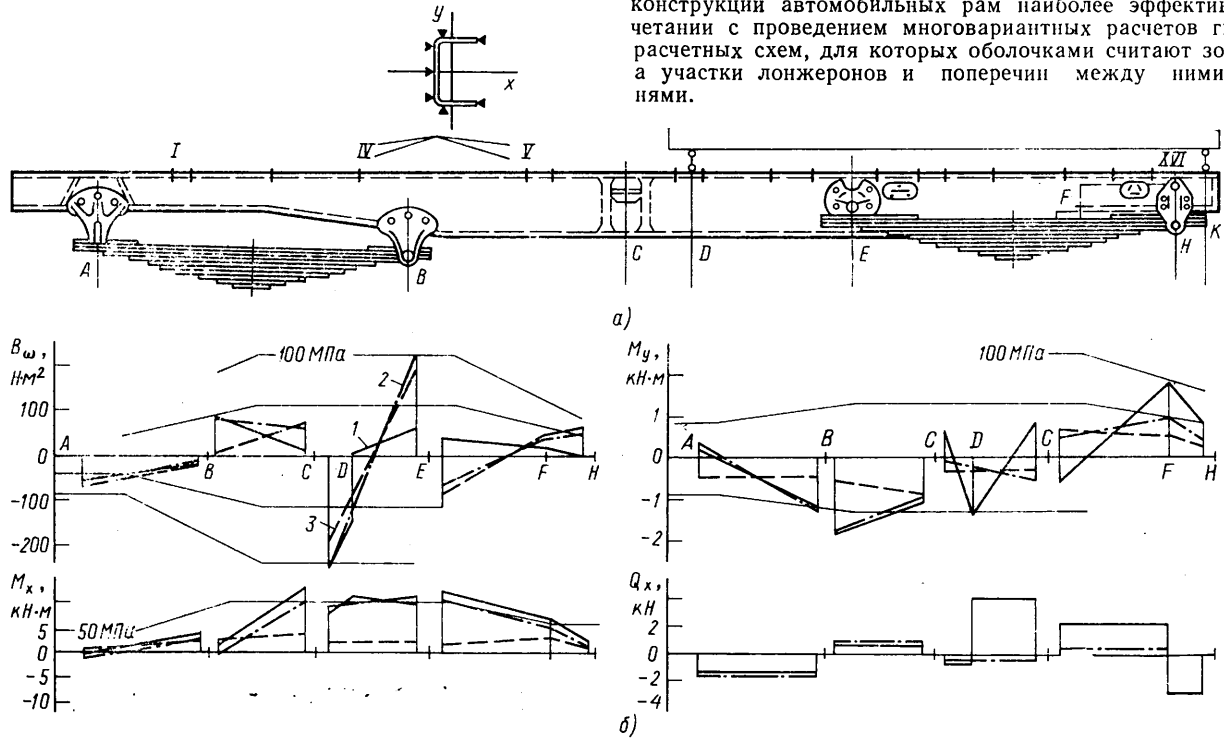


Рис. 1. Нагружение рамы двухосного автомобиля-самосвала на стенде:

а — схема рамы и установки тензорезисторов; б — эпюры внутренних силовых факторов в правом лонжероне рамы ( $M_x$  и  $M_y$  — изгибающие моменты соответственно по вертикальной и горизонтальной плоскостям;  $B_\omega$  — бимомент;  $Q_x$  — поперечная сила в плоскости рамы); 1 — при перекосе снаряженного автомобиля подъемом передних правых и задних левых колес на высоту ( $h = 185$  мм,  $Q = 1.25$  град/м); 2 — при перекосе снаряженного автомобиля с отпущенными болтами крепления надрамника к раме ( $h = 185$  мм;  $\theta = 141$  град/м); 3 — при закручивании отдельной рамы ( $\theta = 1.25$  град/м)

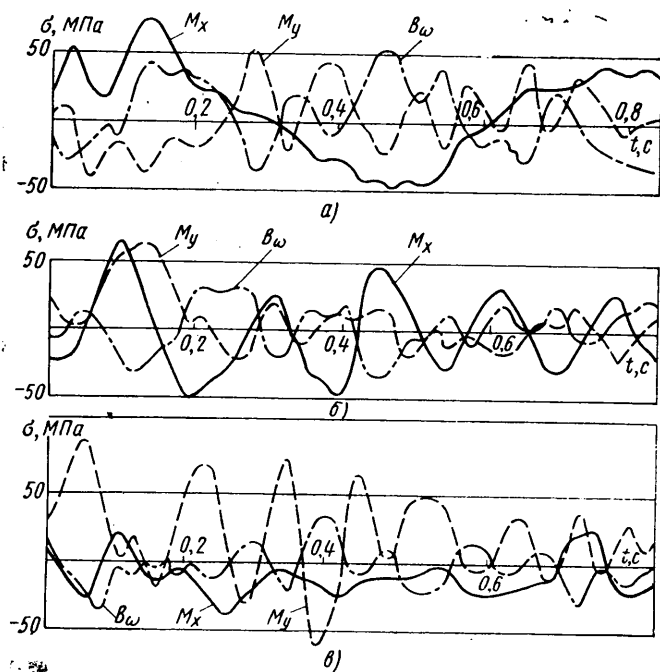


Рис. 2. Величина внутренних силовых факторов  $M_x$ ,  $M_y$  и  $B_w$  в сечении лонжерона рамы двухосного автомобиля-самосвала за второй поперечной при движении по «бельгийской мостовой» автополигона: а — I участок со скоростью 30 км/ч; б — II участок со скоростью 30 км/ч; в — III участок со скоростью 40 км/ч

При формировании общей матрицы жесткости (податливости) конструкции возможен двойной подход. В первом случае общая матрица формируется с использованием, например, алгоритма МКЭ из матриц отдельных стержневых и оболочечных элементов. Однако здесь неясно, как стыковать между собой стержневые и оболочечные конечные элементы, чтобы представить конструкцию без искажений. Большой практический интерес представляет подход, основанный на корректировании матриц жесткости (податливости) отдельных стержней. При этом отдельные узлы рассчитывают как оболочки вне рамы, определяют коэффициенты жесткости (в основном крутильной), которые в дальнейшем используют при расчете рамы как стержневой системы [2].

Аналогичная методика, позволяющая использовать полные матрицы податливости узлов или отдельных участков стержней сложного профиля, разработана на Заводе-втузе при ЗИЛе. Расчет узлов, представляемых плоскими трех- или четырехугольными конечными элементами, производят с использованием комплекса программ «КВАНТ», доработанных применительно к конструкциям автомобильных рам, а расчет всей конструкции — с использованием комплекса программ «РАМА».

Кроме уже упомянутых матриц податливости узлов, при расчете используют матрицы податливости стержневых элементов как сплошного, так и тонкостенного сечений. Программы написаны на алгоритмическом языке ФОРТРАН и реализованы на ЭВМ М4030 и ЕС ЭВМ.

Расчет рамы автомобиля ЗИЛ-130 от кососимметричной нагрузки при представлении половины рамы 29 стержневыми элементами занимает около 2—2,5 мин машинного времени ЭВМ М4030. Результаты расчета хорошо согласуются с данными эксперимента.

Полученные при расчете по программе «РАМА» усилия по границам узлов используют для оценки напряженно-деформированного состояния последних снова с помощью программы «КВАНТ».

Программы «РАМА» применяют не только для расчета рам, но и для расчета моделей несущих систем автомобилей-самосвалов. Расчеты показали, что характер напряженно-деформированного состояния рамы зависит от соотношения жесткостей отдельных элементов несущей системы. Особенно чувствительна рама к изменению величин и характера приложения горизонтальных нагрузок. Последние, в свою очередь, в большой мере зависят от величин зазоров в подвеске (в шарнирах, между листами и хомутами и т. д.), изменения боковых сил трения в опорах кузова и задних концов рессор на раму, нелинейности жесткостных характеристик шин при их деформации (особенно задних, сдвоенных) и т. д. Таким образом, для эффективной оценки напряженно-деформированного состояния

автомобильных рам расчетными методами необходимо совершенствовать расчетные схемы не только рамы и других элементов несущей системы, но и расчетные схемы несущей системы в комплексе.

Необходимый объем работы, выполняемых на отдельных этапах оптимизационной доводки, определяется уровнями оптимизации, из которых, в первую очередь, следует выполнить три: оптимизация конструкции всей несущей системы; рамы; отдельных стержней (элементов) рамы.

Рассмотрим несколько конкретных примеров для каждого из отмеченных путей снижения металлоемкости автомобильных рам.

Общая оптимизация всей конструкции несущей системы в первую очередь, касается формирования рационального нагружения рамы за счет изменения ее соединения с другими элементами несущей системы или соотношения их жесткостей. Так, например, анализ характера нагружения элементов несущей системы автомобилей-самосвалов, проведенный по результатам тензометрических исследований с использованием программ «ТЕНЗО-ВСФ», и просчет упрощенных моделей с использованием программ «РАМА» показал неэффективность надрамника как усиливающего элемента. Была спроектирована новая опытная конструкция рамы для автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-554, отличающаяся от серийной только конструкцией третьей поперечины (на нее непосредственно устанавливаются гидроцилиндры). Испытания опытного автомобиля показали, что практически при тех же уровнях напряжений в раме металлоемкость его может быть снижена на 40—50 кг. В настоящее время аналогичные работы заканчиваются по автомобилю-самосвалу КамАЗ-5511.

Другим примером общей оптимизации несущей системы является варьирование соотношением угловых жесткостей рамы и подвески. Просчет статических моделей автомобиля показывает, что, например, для автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-555 снижением угловой жесткости задних рессор уровни напряжений в раме можно снизить на 15—20%. При этом, очевидно, снизится нагруженность и самих рессор (как задних, так и передних).

Эффективность работ по оптимизации всей конструкции ввиду отсутствия в настоящее время динамических расчетных моделей автомобиля с определением долговечности чаще всего может быть оценена только при натурных дорожных испытаниях.

Уровню оптимизации рамы соответствуют такие конструктивные изменения отдельных элементов рамы, которые не приводят к значительным изменениям жесткостных параметров последней. В этом случае характер нагружения рамы не изменится, поэтому оптимизацию можно проводить, рассчитывая раму отдельно, при основных видах нагружения. В результате проведенных работ удалось получить конструкцию средней части оси балансира трехосного автомобиля, имеющую меньшую в 2,5 раза металлоемкость, что приводит к экономии 8—10 кг металла на каждом автомобиле ЗИЛ-131, а на КамАЗ-5511—12—14 кг.

Сравнительные дорожные тензометрические исследования автомобиля ЗИЛ-131 с серийной и опытной конструкциями средней части оси балансира показали высокую эффективность доработки.

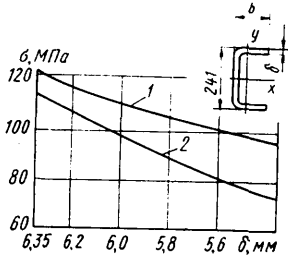
Расчеты показывают, что оптимизационную доводку конструкции рамы можно проводить, используя конструктивную схему «мягкого узла» [3] в наиболее нагруженных соединениях средних поперечин с лонжеронами. При этом максимальные напряжения в узлах при скручивающих нагрузках уменьшаются в среднем на 10—15% (за счет снижения бимоментных напряжений).

Правда, такая конструкция узла снижает крутильную жесткость рамы. Поэтому нужно следить за тем, чтобы не появилась необходимость оптимизационных расчетов не только рамы, а всей несущей системы (может измениться уровень оптимизации). Крутильную жесткость рамы можно сохранить, например, ужесточая другие, менее нагруженные узлы.

Уровню оптимизации отдельных элементов рамы соответствуют такие конструктивные изменения, которые не только не изменяют жесткостных параметров рамы, но и практически мало сказываются на жесткостных параметрах самих элементов. Тогда можно считать, что характер нагружения элементов не будет меняться в процессе их оптимизации. Оценку границ оптимизации и некоторую корректировку величин нагрузок при выходе за эти границы можно проводить путем расчета всей рамы при основных видах нагружения.

Значительные резервы снижения металлоемкости при оптимизации сечений лонжеронов и поперечин рам в зависимости от характера их нагружения проиллюстрированы графиками (рис. 3) суммарных напряжений по свободной кромке полки лонжерона (для простоты рассматривается двухкомпонентное

Рис. 3. Изменение суммарных максимальных напряжений и сечения лонжерона при варьировании  $\delta$  и  $b$  и сохранении высоты и площади сечения в зависимости от изгиба в вертикальной  $M_x$  и горизонтальной  $M_y$  плоскостях:



$$M_y \text{ плоскостях:}$$

$$1 - M_x = 13,3 \text{ кН}\cdot\text{м}, \quad M_y = 1,1 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$2 - M_x = 4,2 \text{ кН}\cdot\text{м}, \quad M_y = 2,1 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

нагружение изгибающими моментами, взятыми из рис. 2). Нетрудно заметить, что, варьируя толщиной профиля  $\delta$  и шириной полки  $b$  при постоянной высоте  $h$ , что самое главное, при постоянной площади сечения, т. е. при одинаковой металлоемкости, для этих случаев нагружения можно значительно снизить максимальные суммарные напряжения в опасных сечениях. Как видно из графиков, величины суммарных напряжений при уменьшении толщины профиля и увеличении ширины полки имеют тенденцию монотонного убывания, но здесь надо не забывать о возможной потере устойчивости контура. Аналогичные результаты можно получить, не увеличивая  $b$ , а изменяя соотношение толщин полок и стенок путем общего уменьшения толщины профиля и использования накладок на полках.

На стадии доводки конструкции оптимизацию размеров контура можно успешно применять по величинам ВСФ в сечениях, замеренным экспериментально с использованием комплекса «ТЕНЗО-ВСФ» (рис. 2). В зависимости от объема исходной информации (числа одновременно записанных процессов) оптимизационную доводку можно проводить как для отдельного участка лонжерона или поперечины, так и для отдельного узла. На этом уровне оптимизационной доводки, в первую очередь, для отдельного стержня, можно использовать алгоритмы оптимизационного проектирования [1] и проводить оптимизацию не только по допускаемым напряжениям, но и с учетом накопления усталостного повреждения, беря за основу результаты ускоренных ресурсных полигонных испытаний базовой конструкции автомобиля. Для подсчета значений относительных долговечностей может быть использован разработанный комплекс программ «ЦИКЛ». Программы реализованы на микро-ЭВМ «Электроника ДЗ-28». При необходимости

можно учитывать коэффициенты концентрации напряжений от каждого компонента ВСФ, полученных экспериментально или расчетным методом с использованием программ «КВАНТ». Кроме величин напряжений, определяют градиенты напряжений в окрестности данной точки вдоль контура и по его толщине. Далее, используя статистическую теорию подобия усталостного разрушения [4] и метод схематизации случайного процесса изменения нагрузок по методу полных циклов, оценивают значение суммы относительных долговечностей на базе ресурса, полученного в процессе ускоренных полигонных испытаний. Характеристики кривой усталости детали корректируют путем расчета по программам «ЦИКЛ» для зон, в которых зафиксированы усталостные повреждения.

В настоящее время разрабатывается комплекс программ «БРУС», включающий программу «ЦИКЛ» и программы, реализующие алгоритм оптимизации размеров контура сечения отдельного стержня с использованием метода случайного поиска по наилучшей пробе [5].

Таким образом, снижения металлоемкости автомобильных рам можно успешно добиваться, используя комплексные расчетно-экспериментальные методы исследования и оптимизации напряженно-деформированного состояния несущих систем. С накоплением опыта доля необходимых экспериментальных исследований будет снижаться и процесс оптимизационной доводки конструкции приблизится к процессу оптимизационного проектирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прагер В. Основы теории оптимального проектирования конструкций. М.: Мир, 1977. 109 с.
2. Beermann H. J. Torsion von Nutzfahrzeugrahmen mit offenen und geschlossenen Querschnittsprofilen. — Automobil-technische Zeitschrift, 1980, Vol. 82, № 9, S. 459—464.
3. Белокуров В. Н., Закс М. Н. Исследование конструктивной схемы «мягкого» узла автомобильной рамы при кручении. — Автомобильная промышленность, 1971, № 5, с. 29—33.
4. Когаев В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. М.: Машиностроение, 1977. 232 с.
5. Бочаров Н. Ф., Курбатский М. И. Машинное проектирование рам грузовых автомобилей методом случайного поиска по наилучшей пробе. Изв. вузов, Машиностроение, 1977, № 4, с. 136—142.

УДК 629.113-585.862

## Снижение массы и улучшение кинематических характеристик карданного вала

Канд. техн. наук О. Я. ЗАСЛАВСКИЙ

Минский автозавод

ОДНИМ из главных направлений современной конструкторской работы является минимизация массы изготавливаемых изделий при сохранении или даже повышении их надежности, долговечности, технологичности и ремонтпригодности. Рассмотрим способы реализации этого направления применительно к карданному валу привода колеса многоосного автомобиля большой грузоподъемности типа МАЗ-7310.

Как известно, традиционным и наиболее употребительным способом крепления фланца-вилки карданного вала к ведущему (ведомому) фланцу является болтовое соединение обеих деталей. Такой способ требует большого количества болтов, гаек и стопорных шайб, строгого регламентирования их затяжки, постоянного контроля в эксплуатации. Кроме того, фланцевое болтовое крепление накладывает существенные ограничения на угловые перемещения карданного шарнира и долевые размеры вала (в особенности валов малой длины). В связи с этим возникла идея разделить нагрузки, возникающие в

узле крепления, по его элементам, т. е. выполнить узел крепления таким образом, чтобы усилия, возникающие от передаваемого крутящего момента, и усилия, связанные с изменением длины карданного вала при его перемещениях, воспринимались различными элементами. Идею успешно реализовали: на Минском автозаводе уже используют два варианта нового конструктивного исполнения узла.

Первый вариант (рис. 1) включает комплектацию карданного вала фланец-вилками 1, центрирующимся цилиндрическим осевым выступом 2 в отверстии 3 базового фланца 4. Крутящий момент передается широким прямоугольным зубом 6 фланец-вилки, взаимодействующим с соответствующим пазом 5, выполненным на торце базового фланца. Такое крепление позволяет — по сравнению с традиционным фланцевым соединением — почти на 25% уменьшить расстояние  $l$  от оси игольчатых подшипников до привалочного торца фланец-вилки при одновременном уменьшении в 2—2,5 раза числа болтов креп-

ления. Углубления  $U$  и  $U_1$  (рис. 1, б) в средней части фланец-вилки и базового фланца дают возможность увеличить угол излома шарнира карданного вала (вплоть до 25—30°). Допуски на размеры взаимодействующих силовых элементов фланца и фланец-вилки можно выбирать: для осевого цилиндрического выступа 2 — по широкоходовой посадке 3 кл., для прямого зубца 6 — по ходовой посадке 3 кл. Соответствующие охватывающие поверхности базового фланца должны быть выполнены с точностью  $A_3$  и  $A_{3a}$ .

Второй вариант (рис. 2) характеризуется размещением игольчатых подшипников в автономных корпусах 1, каждый из которых прямого зубом 2 взаимодействует с соответствующим пазом 5 базового фланца 4. Радиальные (вдоль оси крестовины) перемещения ограничены упором корпуса в выступы 5 базового фланца. Крепление деталей так же, как и в первом варианте, обеспечивается четырьмя болтами, по два для каждого корпуса.

Рассматриваемый вариант дает воз-

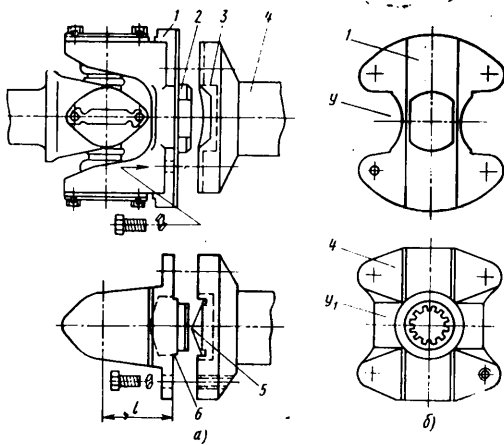


Рис. 1. Элементы соединения (а) фланец-вилки карданного вала автомобиля МАЗ с базовым фланцем и фланец-вилки (б) с базовым фланцем (вид на сопрягаемые поверхности)

Рис. 2. Элементы соединения автономных корпусов игольчатых подшипников карданного вала с базовым фланцем

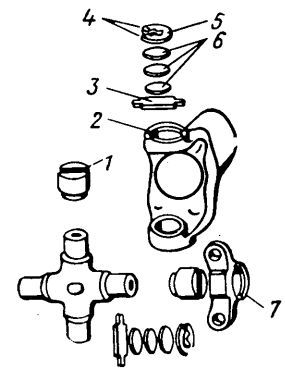
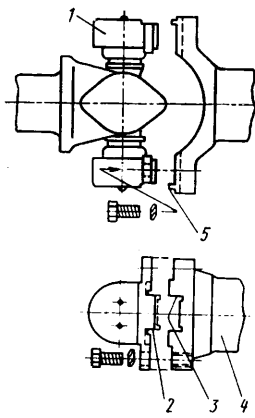


Рис. 3. Карданный шарнир с безболтовым креплением игольчатых подшипников

возможность уменьшить расстояние от оси игольчатых подшипников до привалочного торца корпуса в 3 раза, а число болтов, как и в предыдущем случае, в 2—2,5 раза. В то же время суммарный зазор между торцами шипов крестовины и доньями игольчатых подшипников хуже аналогичного параметра традиционной фланец-вилки почти в 2 раза.

Напряжения, возникающие в узле крепления карданного вала к фланцу по этому варианту, можно подсчитать по известным формулам и геометрическим размерам соединения.

Всесторонние испытания и многолетний опыт эксплуатации карданных валов по обеим конструктивным схемам показал их высокую надежность и долговечность при вполне приемлемой технологичности изготовления, монтажа и обслуживания.

Логическим продолжением поиска путей оптимизации массы и габаритов карданного вала стала разработка третьего варианта конструкции узла крепления игольчатого подшипника без применения резьбовых деталей (А. с. 360253, СССР). Уменьшение габаритов и массы вилки, уменьшение суммарного торцевого зазора при использовании отдельных корпусов подшипников, исключение возможности окружных перемещений подшипника в базовом гнезде

без увеличения натяга — все это цели, достигнутые рассматриваемой конструкцией.

Техническая сущность нового способа крепления игольчатого подшипника в вилке и в автономном корпусе (рис. 3) заключается в фиксации его от поворота в базовом отверстии при помощи фигурной чеки 3, взаимодействующей с пазом 1, который выполнен на торце подшипника, и с пазами 2 и 7, выполненными соответственно в вилке и автономном корпусе подшипника. Стопорные кольца 5, размещенные в соответствующих канавках вилки и корпусов, обеспечивают осевую фиксацию подшипников в базовых гнездах. Во избежание увеличения торцевых зазоров, в конструкции предусмотрен набор регулировочных прокладок 6, размещаемых между фигурной чекой и стопорным кольцом. Трудоемкость монтажа при этом варианте возрастает несущественно, и ее рост связан лишь с тем, что первоначально весь необходимый комплект регулировочных прокладок устанавливается под одно из стопорных колец. При достижении регламентированного торцевого зазора стопорное кольцо, под которым установлен весь комплект, демонтируется. Комплект регулировочных прокладок делится пополам по толщине, причем каждая поло-

вина размещается соответственно под одним и другим стопорными кольцами. Разница суммарных толщин полукомплектов не должна превышать 0,1 мм.

Чтобы лучше удерживались регулировочные прокладки и подшипники, на стопорных кольцах 5 предусмотрены четыре внутренних выступа 4, два из которых снабжены монтажными отверстиями.

Предлагаемая конструкция позволяет снизить массу вилки, автономных корпусов игольчатых подшипников и деталей их крепления. Кинематические характеристики шарнира улучшаются путем уменьшения диаметра описанной окружности вращения вилки и габаритов ее ушек. Кроме того, регулировочные прокладки дают возможность уменьшить суммарную величину торцевого зазора в шарнире на 25—50% (по сравнению с традиционным креплением подшипников болтами).

Рассмотренные выше конструктивные решения позволяют снизить, по сравнению с традиционными конструкциями, массу фланец-вилки (применительно к шарниру типоразмера КрАЗ) почти на 20% при первом варианте исполнения и почти на 140% при втором. Масса деталей фланцевого крепления (болтов, шайб, гаек) снижается соответственно на 25%; масса деталей крепления подшипников по третьему варианту меньше массы деталей болтового крепления почти в 9 раз. Все варианты позволяют увеличить максимально допустимый угол излома карданного шарнира почти на 25%.

УДК 629.114.42.011.681.001.2

## Оптимальное проектирование самосвальных платформ с трехсторонней разгрузкой

В. В. ТАБОЛИН, И. Н. РУМШЕВИЧ, канд. техн. наук Э. Д. ЧИХЛАДЗЕ, В. В. ПИНЧУК

Кременчугский автозавод им. 50-летия Советской Украины, Харьковский автомобильно-дорожный институт им. Комсомола Украины

**П**РИМЕНЕНИЕ рациональных конструкций платформ, отвечающих условиям прочности, долговечности и малой материалоемкости, является важнейшей задачей при создании новых большегрузных автомобилей. Рассмотрим задачу такой оптимизации применительно к основанию платформы с разгрузкой на три стороны. Оптимизация осуществлялась с учетом вида напряженного состояния, геометрических и прочностных характеристик материалов, конфигурации основания и координат опорных устройств платформы. Известными считали габаритные ее размеры, положение механизма подъема, силовые воздействия.

Рассматриваемая платформа (рис. 1) большегрузного автомобиля с разгрузкой на три стороны представляет собой плоскую Х-образную раму 4, усиленную металлическим настилом 3. Задний и двухсекционные боковые борты 1 шарнирно подвешены к стойкам 2, жестко соединенным с рамой. В транспортном положении платформа опирается на раму при помощи четырех опорных устройств В, С, D, F, а при разгрузке опорами служат три шарнирные опоры, одна из которых создается механизмом подъема 5. Основными силовыми воздействиями на платформу являются загрузка ее горной массой, транспортировка и разгрузка. Как показали проведенные ис-

следования, самое неблагоприятное воздействие связано с моментом, когда платформа еще не пришла в движение, но подъемник уже создал необходимое для ее опрокидывания усилие. Это и учтено в выбранной расчетной схеме (рис. 2) основания платформы.

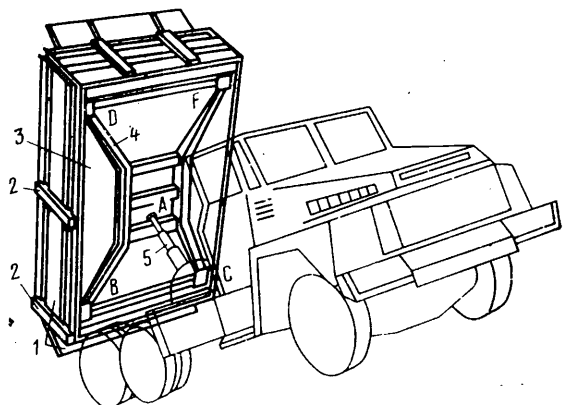


Рис. 1. Платформа автомобиля КрАЗ с разгрузкой на три стороны

Лонжероны рамы разбиты на участки, в пределах каждого из которых нагрузка принята равномерно распределенной, что позволяет учесть неравномерность загрузки платформы. Интенсивность нагрузки на каждом участке назначают по величине контактных сил в точках взаимодействия настила с рамой. Настил рассматривают как тонкую пластину, опертую по контуру и на точечные опоры в пределах поверхности [1]. Совместность работы рамы и настила обеспечивается равенством вертикальных перемещений в точках контакта.

При разгрузке назад опорами являются *A, B, C*, при разгрузке на первую сторону — *A, B, D*, при разгрузке на левую — *A, C, F* (рис. 1, 2). Опора *A*, как упомянуто выше, создается механизмом подъема. Усилия от нее распределяются равномерно на элементы контура 8, 9, 21, 22.

Расчет рамы был проведен методом сил на ЭВМ БЭСМ-6. Расчетные напряжения вычислены с привлечением теории максимальных касательных напряжений [2]. Рассматриваемая

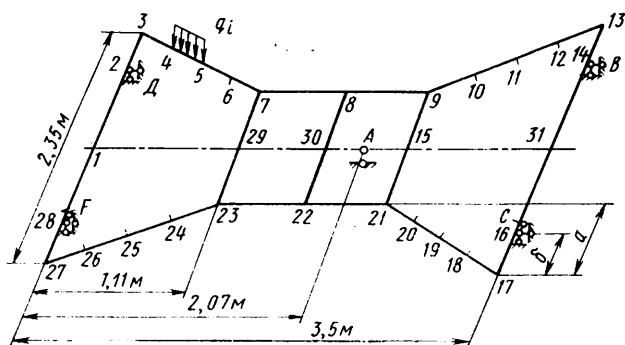


Рис. 2. Расчетная схема основания платформы

задача оптимизации имеет вид: найти минимум массы платформы при заданных конструктивных и технологических ограничениях на расположение опорных устройств и узлов рамы и при расчетных напряжениях  $\sigma_i^*$ , назначаемых из условий долговечности платформы [2].

При решении задачи применена этапная оптимизация. На первом этапе определяли координаты опорных устройств рамы. Дальнейшее решение осуществляли методом последовательных приближений: для каждого участка вычисляли коэффициенты  $K_i = \sigma_i^* / \sigma_i$  и геометрические характеристики сечений в функции от  $K_i$ . Процесс последовательных приближений продолжался до получения с наперед заданной точностью коэффициентов  $K_i \approx 1$  при конфигурации рамы, удовлетворяющей минимуму массы платформы.

Достоинством предлагаемого алгоритма является простота, отсутствие проблемы сходимости (рис. 3) и высокая эффективность. Он был составлен на языке АЛГОЛ ГДР-60 и реализован на ЭВМ БЭСМ-6. Расчет шести вариантов занял около 30 мин процессорного времени. Изменения параметров платформы опытного автомобиля по сравнению с платформой серийного приведены в таблице (за положительные прогибы приняты направленные вниз).

№ сечения	Серийная конструкция				Оптимальная конструкция			
	$W \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup>	$\sigma_{расч}$ , МПа	Прогиб, мм	Масса, кг	$W \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup>	$\sigma_{расч}$ , МПа	Прогиб, мм	Масса, кг
1	15,384	31,17	12,79	—	7,000	—	11,7	—
2	15,384	18,27	12,80	—	7,000	—	12,4	—
3	17,496	19,35	12,43	—	7,000	—	11,8	—
4	20,118	38,82	—	—	7,000	—	—	—
5	24,197	54,37	8,02	—	10,95	—	5,89	—
6	27,067	71,95	—	—	16,22	—	—	—
7	26,418	139,19	4,32	—	30,63	—	2,84	—
8	38,263	96,12	0,96	—	30,63	120	0,27	—
9	28,923	134,61	-1,03	542,7	32,45	—	-1,00	411,03
10	25,617	108,43	—	—	23,15	—	—	—
11	21,143	76,31	-1,11	—	13,70	—	-1,31	—
12	18,294	46,75	—	—	7,11	—	—	—
13	15,383	19,38	0,00	—	7,000	—	0,00	—
14	15,383	32,28	0,77	—	7,000	—	1,92	—
15	25,601	83,28	-0,78	—	17,74	—	0,295	—
29	25,600	124,38	6,56	—	7,000	—	5,81	—
30	25,600	18,96	1,36	—	7,000	—	2,05	—
31	15,384	32,26	1,69	—	7,000	—	3,56	—

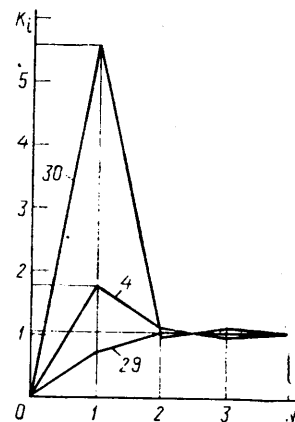


Рис. 3. График зависимости коэффициента  $K_i$  от количества приближений  $N$  для некоторых характерных элементов платформы

Как видно из таблицы, достоинством оптимальной конструкции платформы является равнопрочность, меньше, по сравнению с существующей платформой, масса и прогибы. Следует отметить, что характеристики оптимальной конструкции приведены при равномерном нагружении, размерах  $b$  и  $a$  (рис. 2), равных соответственно 0 и 0,515 м. Полученная в результате расчетов конфигурация платформы ( $a=0,515$  м) позволила свести к минимуму касательные напряжения (они составляют меньше 1% от напряжений, вызванных изгибом). В связи с этим учет срезного кручения приводит к незначительному увеличению расчетных напряжений (на 1—3%).

Таким образом, рассмотренный выше метод оптимального проектирования оснований платформ большегрузных автомобилей дает возможность учесть вид их напряженного состояния, геометрические и прочностные характеристики материалов, конфигурацию и силовые воздействия. Полученная в результате его применения конструкция платформы является равнопрочной, менее деформируемой и имеет меньшую массу, чем рассчитанная традиционными методами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чихладзе Э. Д., Кислов А. Г. Изгиб и колебания пластин, опертых по контуру и на точечные опоры в пределах поверхности. Новосибирск: Изв. вузов. «Строительство и архитектура», 1979, № 3, с. 38—42.
2. Сопротивление материалов/Г. С. Писаренко, В. В. Агарев, А. Л. Квитка и др., Киев: Вища Школа, 1979, 694 с.

# Дисковый тормоз для автомобилей большой грузоподъемности

Д-р техн. наук А. Б. ГРЕДЕСКУЛ, канд. техн. наук Е. Б. РЕШЕТНИКОВ,  
канд. техн. наук В. Я. КУШОВ, В. К. ДОЛЯ, В. П. ВОЛКОВ, В. В. ТАБОЛИН, Н. А. СТРОЕВ, И. Ф. БОБРОВНИК

Харьковский автомобильно-дорожный институт им. Комсомола Украины,  
Кременчугское объединение по производству большегрузных автомобилей

РОСТ грузоподъемности и удельной мощности двигателей грузовых автомобилей требует повышения мощности и стабильности работы тормозных механизмов. Выполнить эти требования с помощью барабанных тормозных механизмов, наиболее широко распространенных в настоящее время, удается не всегда: по мощности они уже практически исчерпали свои резервы, а размеры тормоза ограничены сравнительно небольшим диаметром обода колеса. Применение сервоусилителей — путь, который позволяет увеличить тормозные силы, однако за него приходится платить снижением стабильности тормозного механизма и повышением интенсивности нагрева тормозных накладок.

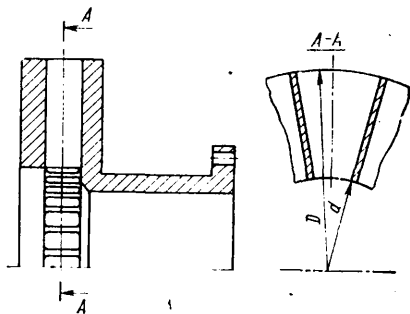


Рис. 1. Схема тормозного диска

В связи с этим как у нас в стране, так и за рубежом ведутся широкие исследования принципиально новых конструктивных схем тормозных механизмов для грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности. В частности, специалисты Харьковского автомобильно-дорожного института и Кременчугского автозавода разработали конструкцию открытого дискового тормозного механизма для перспективных автомобилей КрАЗ. Механизм имеет тормозной диск (рис. 1) с 40 вентиляционными радиальными каналами прямоугольного сечения, жесткую скобу с четырьмя накладками из фрикционного материала 145-40-69 и двумя парами оппозитно расположенных цилиндров, пневмогидравлический привод. Он взаменом с существующим барабанным и устанавливается на стандартный мост автомобиля КрАЗ.

Для исследования выходных характеристик разработанного дискового тор-

мозного механизма и сравнения его с существующим барабанным был проведен обширный комплекс стендовых и дорожных испытаний по ОСТ 37.001.016—70.

Испытания показали, что новый механизм выгодно отличается от серийного — имеет высокую эффективность независимо от геометрической и термической приработки (рис. 2), тогда как барабанный очень чувствителен к действию высоких термических нагрузок и требует хорошей геометрической приработки фрикционных накладок.

Так, в процессе проведения циклических торможений температура дискового механизма в лабораторных условиях достигла 630—730 К (нижнее значение соответствует внутреннему радиусу диска, верхнее — наружному), в дорожных — 590 К на среднем радиусе.

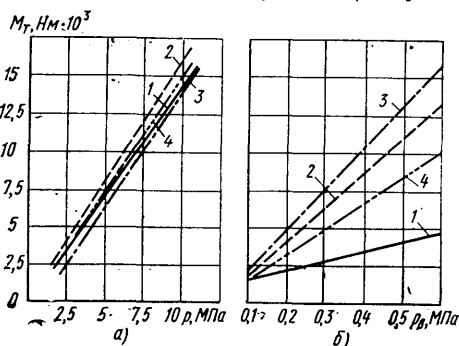


Рис. 2. Эффективность дискового тормозного механизма с накладками из материала 145-40-69 (а) и серийного барабанного тормозного механизма (б):

1 — до геометрической приработки; 2 — после геометрической приработки; 3 — после первой термической приработки; 4 — после второй термической приработки

Однако, несмотря на более высокую температуру нагрева, стабильность работы дискового тормозного механизма была выше, чем барабанного. Например, если при первой термической приработке величина тормозного момента в барабанном тормозном механизме к концу ее уменьшилась на 13%, а в дисковом — на 26%, то уже при втором испытании эти величины были равны соответственно 38 и 3%. Причина состоит в том, что в дисковом тормозном механизме под воздействием высоких температур на поверхности накладки образуется так называемый рабочий слой, состоящий из обугленных и спеченных частиц фрикционного материала, который и обеспечи-

вает высокую стабильность тормозного момента. Но образуется такой слой только при второй и последующей термических приработках, поэтому величина тормозного момента дискового тормозного механизма при первой приработке уменьшается довольно резко (рис. 3а), а при второй — незначительно.

Износостойкость тормозных накладок нового механизма оценивалась по величине линейного износа на 1 Дж поглощенной энергии. Для материала 145-40-69 она оказалась равной  $0,18 \times 10^{-6}$  мм/Дж.

Таким образом, проведенные исследования показали, что дисковый тормозной механизм имеет высокую эффективность и стабильность, а его тормозные накладки, изготовленные из отечественного фрикционного материала 145-40-69, достаточно износостойки. Выявилось и такое немаловажное обстоятельство: масса дискового тормозного механизма опытной конструкции на 28 кг меньше, чем масса серийного барабанного.

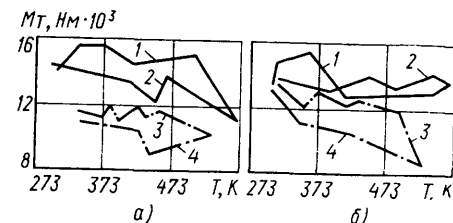


Рис. 3. Изменение тормозного момента при первой (а) и второй (б) термической приработке дискового и серийного барабанного тормозных механизмов:

1, 3 — при повышении температуры тормозного диска (барабана); 2, 4 — при остывании тормозного диска (барабана)

Испытания показали также, что разработанная конструкция не лишена и недостатков. Например, в ней не предусмотрены уплотнительные элементы, предохраняющие поршни скобы от попадания на их поверхность влаги и пыли; жесткость тормозного диска оказалась явно недостаточной, в связи с чем наблюдалась вибрация тормозного механизма при торможении. Все это требует дальнейшей работы по совершенствованию конструкции нового дискового тормозного механизма. Одно сейчас уже ясно, что выбранное направление совершенствования тормозных механизмов грузовых автомобилей — перспективно.

## Автоматизированное малоотходное производство точного литья в сухие стопочные формы

Г. И. БОБРЯКОВ, В. А. ОБУХОВ, В. Д. РОМАНЧИКОВ

НИИТавтопром

**В** ОТРАСЛИ разработаны технология и комплекс оборудования для автоматизированного малоотходного производства точных стальных отливок в сухие стопочные формы. Главное достоинство процесса — комплексное решение таких проблем, как снижение трудоемкости изготовления и уменьшение себестоимости, высокая точность и низкая шероховатость поверхности отливок, увеличение выхода годного литья, экономия металла, быстрая окупаемость капитальных вложений.

Материалом для изготовления литейных форм служит специальная терморезистивная смесь, приготовленная на основе высокоогнеупорного мелкозернистого материала — цирконового концентрата КЦЗ-1 (ОСТ 48—82—74). Зерна концентрата не спекаются и не сплавляются до температуры 2530 К, не трескаются и не раскалываются при нормальных температурах заливки даже в случае применения высоколегированных сталей (температура 2070 К).

К преимуществам цирконового концентрата относятся также его низкое термическое расширение (в 3 раза меньше, чем кварцевого песка), что обеспечивает стабильность размеров отливок (1 Т11 СТ СЭВ 145—75); стабильное состояние поверхности зерен, способствующее заметному (в 1,5 раза) снижению по сравнению с кварцевым песком, расхода связующего; в 2 раза большие теплопроводность и плотность, в 4 раза большая скорость охлаждения, чем у кварцевого песка, в результате чего обеспечивается необходимая плотность отливки, а чистота поверхности соответствует 4—5 классу (ГОСТ 2789—73); высокая термостойкость, позволяющая многократно регенерировать концентрат без изменения зернового состава; небольшие (5—10%) механические потери в системе регенерации.

В качестве связующего используются смолы Сф.016 или ПК-104.

Формы, получаемые из разработанной смеси в горячей оснастке, отвечают необходимым требованиям по прочности, газотворной способности, газопроницаемости, противопригарным свойствам. Они не гигроскопичны и могут храниться практически неограниченное время.

Комплекс оборудования для автоматизированного малоотходного производства точных стальных отливок массой от

50 г до 0,6 кг производительностью до 1000 т отливок в год при двухсменной работе состоит из формовочного карусельного автомата мод. 2764 с манипулятором (механизм мод. 2797) для съема полуформ и передачи их на транспортер, специального транспортера мод. 4157 и подвески мод. 6776 подвешенного толкающего конвейера, установки мод. 4158 для выбивки форм и установки регенерации формовочной смеси в кипящем слое.

Формовочный 16-позиционный автомат мод. 2764 (рис. 1) с газовым нагревом модельной оснастки работает по следующей схеме: горячие комплекты моделей, непрерывно перемещаясь со столом машины, последовательно заполняются смесью, поступающей через специальную шиберную щель бункера. На последующих позициях смесь отверждается, а на позиции съема готовую полуформу толкатели выталкивают к манипулятору, который захватывает ее и передает на охлаждаемый транспортер. Высота полуформ определяется высотой наполнительной рамки и может изменяться от 15 до 40 мм.

### Техническая характеристика автомата

Производительность, полуформ/ч	400
Число позиций, шт.	16
Темп выдачи полуформ, с	9
Размер полуформ, мм:	
в плане	300×300
высота	15—40
Мощность электродвигателя, кВт	12,1
Расход природного газа, м <sup>3</sup> /ч	37—62
Габаритные размеры установки, мм	4200×3850× ×3500

Захваты манипулятора приводятся в действие двумя пневмоцилиндрами (они кантуют кронштейн с захватами из исходного положения на 180° и обратно).

Предусмотрены два режима работы манипулятора — автоматический и наладочный.

### Техническая характеристика манипулятора мод. 2797

Темп работы, циклов/ч	400
Размер полуформ, мм	300×300× ×(15—40)
Габаритные размеры, мм:	
в плане	1250×700
высота с кожухом	2200
высота без кожуха	1360
Масса, т	0,6

Транспортер мод. 4157 предназначен для приема, охлаждения полуформ и транспортирования до позиции сборки их в стопки. На его непрерывно движущейся ленте одновременно размещается до 36 полуформ. Для охлаждения форм и отсоса газов транспортер снабжен специальным кожухом, подключенным к системе общецеховой вентиляции.

На позиции сборки полуформы снимают с ленточного транспортера вручную и устанавливают на подвеску толкающего конвейера.

### Техническая характеристика транспортера

Тип конвейера	Ленточный
Длина транспортера, м	8 или 12,5
Ширина ленты, мм	400
Скорость ленты, м/мин	9
Диаметр барабана, мм	500
Мощность электродвигателя, кВт	0,8
Масса, т	3

Подвеска толкающего конвейера крепится на серийном подвижном толкающем конвейере КТ-160 и служит для сборки вручную форм в стопку, скрепления собранной стопки (во избежание ухода металла при заливке) и ее хранения на



Рис. 1. Формовочный автомат



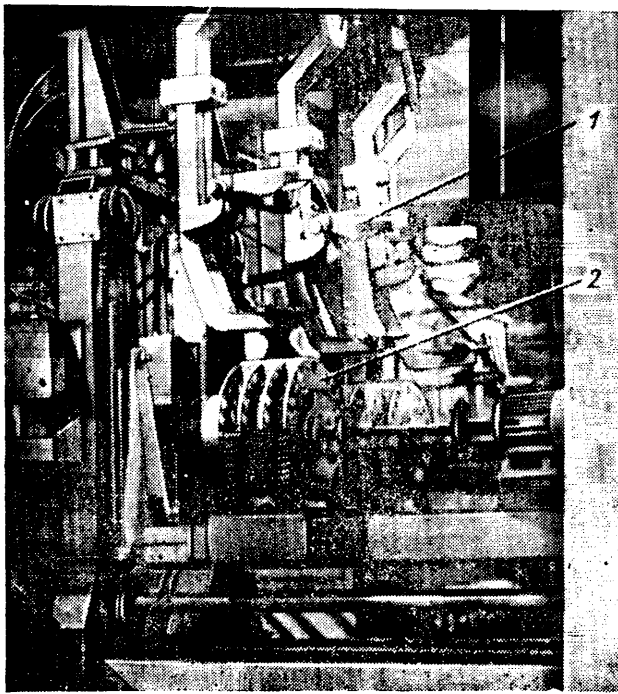


Рис. 2. Установка для выбивки отливок:  
1 — подвеска; 2 — вибратор

складских ветвях конвейера, транспортирования собранной стопки на участок заливки металла, охлаждения залитых форм в охлаждательном кожухе, выбивки залитых форм.

Конструкция подвески обеспечивает легкий съём с нее блока отливок при помощи таких механизмов, как крап-балка, электротельфер и др.

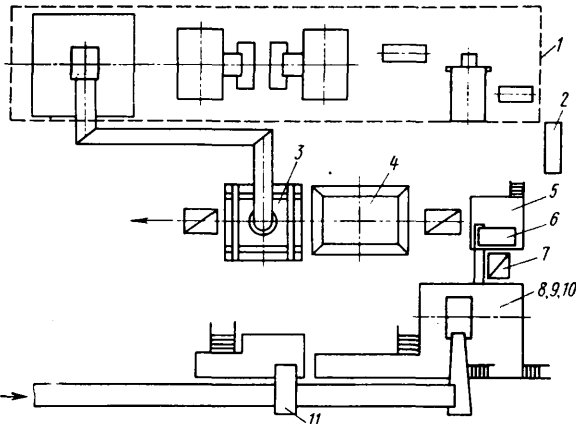


Рис. 3. План участка регенерации  
Техническая характеристика подвески

Тип конвейера	Горизонтально-замкнутый
Размеры стопки форм, мм	300×300×454±10
Усилие заперания механизма, Н	500
Шаг складирования подвесок, мм	1000
Габаритные размеры, мм	538×626×1600
Масса, кг	170

Установка для выбивки отливок вместе с подвеской мод. 6776 и толкающим конвейером КТ-160 (рис. 2) является частью поточной линии изготовления отливок в сточные корковые формы. В ее состав входят два инерционных вибратора с самостоятельными системами управления.

На позиции выбивки подвески фиксируются в установке, вибратор поднимается, и его боек через специальное отверстие в крестовине подвески разрушает форму, не оказывая разрушающего влияния на саму подвеску.

Техническая характеристика установки для выбивки форм

Темп подачи подвесок для выбивки, мин	3
Управление установкой	Ручное
Время выбивки, мин	1—2
Расход воздуха, нм <sup>3</sup> /ч	0,78

Установка (рис. 3) регенерации цирконовых концентратов предназначена для восстановления первоначальных свойств использованного песка. Она работает по следующей схеме.

Горячая смесь после выбивки форм транспортируется ленточным конвейером 11 в щековую дробилку 8 для размельчения. При этом электромагнитный шкив конвейера удаляет из нее металлический скрап, затем смесь, измельченная до фракции 20 мм, поступает в валковую дробилку 9, где происходит ее дальнейшее размельчение, и элеватором 7 подается в установку 6 для просеивания песка. Просеивая грохотом фракция до 3 мм поступает в устройство 10, где при помощи электромагнитных шайб очищается от мелких металлических включений, а фракция более 3 мм возвращается в валковую дробилку 9 для повторного размельчения. Металлические частицы направляются в тару, а подготовленная смесь подается элеватором в бункер-накопитель 5.

Из бункера-накопителя смесь ленточным питателем и элеватором подается на распределительную решетку аппарата регенерации 4, где вступает во взаимодействие с нагнетаемым воздухом и приводится в состояние «кипения». Частицы песка, поднимаясь в «кипящем» слое, через переточные трубки, равномерно по всей площади решетки, перетекают на пересыпные решетки. Последние замедляют движение частиц песка, в результате чего время нахождения зерен концентрата в потоке «кипящих» газов увеличивается, и термический КПД аппарата повышается.

В процессе перетекания песка навстречу потоку горячих газов происходит частичное выгорание связанного на зернах концентрата. Окончательно оно выгорает в зоне «кипящего» слоя (температура 1070—1170 К), который создается за счет нагнетания воздуха в аппарат регенерации двумя воздухоподводными газосовместительными решетками и двухпроводными газовыми горелками. Регенерированный песок поступает в аппарат охлаждения 3. Отходящие газы от регенерационной установки проходят через систему 1 обеспыливания и очистки воздуха.

Управление установкой регенерации осуществляется с пульта 2.

Планировка участка (площадь 630,6 м<sup>2</sup>) проектной мощностью 465 т годного литья в год показана на рис. 4. В его состав входят: установка 1 приготовления лакированной смеси; автомат 2 изготовления сухих сточных форм; транспортер 3 охлаждения и плавильные индукционные 4 печи

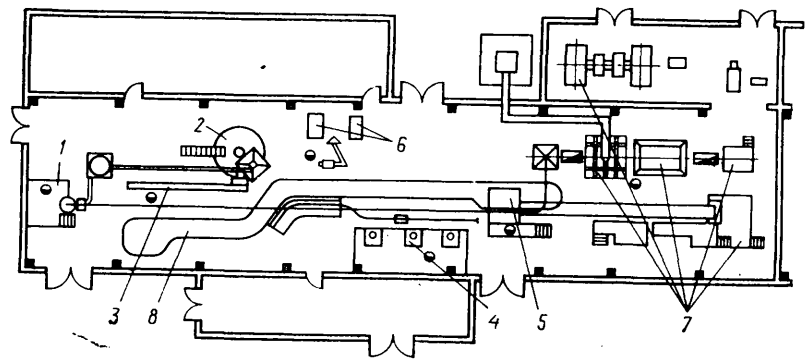


Рис. 4. План участка сточной формовки

ИСТ-016; выбивная установка 5; обрубное отделение 6; установка 7 регенерации концентрата; подвеской толкающий конвейер 8 с программным адресованием.

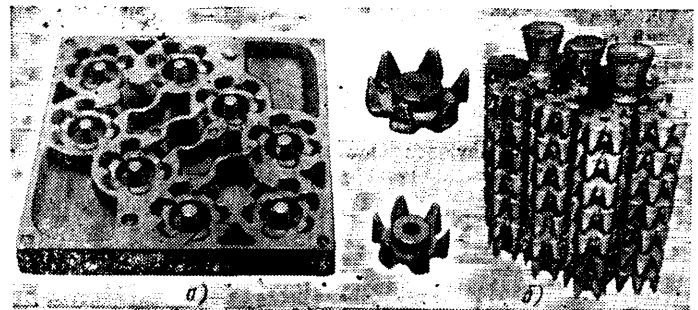


Рис. 5. Полуформа и отливка детали генератора (а) и блок отливок (б)

На таком участке сейчас изготавливают отливки магнитопроводов и полюсов генераторов (рис. 5). Как показал опыт, дело это выгодное. Например, изготовление магнитопроводов в сухих стопочных формах увеличило с 42 до 65% выход годного литья, уменьшило на 22% массу отливки (за счет снижения припусков на обработку), улучшило характеристики генератора (повысилась плотность отливки). Переход на литье полюсов (вместо их штамповки) уменьшило на 15% массу заготовки и позволил заменить дефицитный прокат литьем.

В целом по участку получен экономический эффект в сумме 120 тыс. руб. в год.

В заключение следует отметить, что в 1981 г. в г. Орджоникидзе состоялось заседание металлургической секции НТС Минавтопрома, в решении которого отмечена актуальность создания комплекса. Комплекс рекомендован для широкого внедрения на заводах отрасли.

УДК 621.9.015—187.4:006

## Новый подход к статистическим оценкам точности изготовления изделий

(В порядке обсуждения)

В. Ф. ПЛЕЩЕВ

Волжский автозавод им. 50-летия СССР

ОДНО из основных требований государственных стандартов комплексной системы управления качеством продукции (СТ КСУКП) — продукция должна изготавливаться с такой точностью, чтобы при заданных затратах на создание и эксплуатацию была обеспечена максимальная ее надежность и долговечность. В настоящее время о точности изготовления продукции машиностроения судят главным образом по установленному в ГОСТ 16467—70 статистическому показателю  $K_p$ , представляющему собой отношение полей рассеяния  $\omega$  погрешностей изготовления к полям их допусков  $\delta$ . Как будет показано ниже, составленные по ГОСТ 16467—70 точностные оценки изготовления продукции указанному выше требованию СТ КСУКП могут и не соответствовать.

Требование СТ КСУКП, о котором идет речь, нацеливает на создание изделий оптимального качества. Рассмотрим признаки оптимальности распределений некоторых погрешностей изготовления:

погрешности формы и положения поверхностей деталей, как правило, самым отрицательным образом сказываются на работе собранных из них узлов (при идеально точном изготовлении деталей данные погрешности равны нулю), поэтому концентрация значений погрешностей такого рода у нулевых, номинальных их значений — это положительное явление, а порожденная такой концентрацией асимметричность распределений погрешностей оптимальный их признак;

во избежание динамических ударов и вибраций зазоры сочленений быстродействующих современных машин стремятся уменьшать до минимума. Уменьшенные в пределах возможно зазоры интенсивно изнашивающихся соединений — это дополнительный запас металла на износ, следовательно, и увеличенный ресурс. Соблюдению принципа «максимум металла» способствует сосредоточение значений сопрягаемых размеров деталей у проходных их пределов. Значит, возникающая по этой причине асимметричность распределений — тоже оптимальный признак;

там, где принцип «минимум металла» дает экономический эффект (работа на минусовых допусках), выгодные значения размеров группируются у непроходных их пределов — в «теле» деталей. Следовательно, асимметричность распределений в данном случае тоже следует рассматривать как оптимальный признак;

в ряде случаев симметричное распределение размеров по полю допуска деталей является залогом хорошего качества собранных из них сборочных единиц (положение распространяется, в частности, на сопряженные размеры деталей неподвижных соединений). Таким образом, для подобных ситуаций симметричность является признаком оптимальности распределений.

Оценим с перечисленных позиций качество точностных оценок по ГОСТ 16467—70.

Пример 1. В ГОСТ 16467—70 установлено: если погрешности изготовления образуются за счет несоосности, эксцентриситета

и т. д., то они следуют (рис. 1,а) закону Рэлея (Максвелла), а их поля рассеяния вычисляются по формуле  $\omega = 5,25 s$ , где  $s$  — выборочное среднееквадратичное отклонение (СКО) значений погрешностей  $x$  от их среднеарифметического значения  $\bar{x}$ .

На рис. 2,а представлена эмпирическая кривая распределения радиальных биений шеек 100 распределительных валов двигателей ВАЗ. Из рисунка видно, что 12 валов «бьют» в среднем всего на 1 мкм. Представим, что 10 валов из 12 обработаны с несколько меньшей точностью, для чего значения биений пяти из них переместим в соседний интервал с центром 4 мкм и пяти — в интервал с центром 7 мкм (кривая такого преобразованного распределения показана на рис. 2,б), и с помощью показателя  $K_p$  оценим точность обработки валов обеих партий, если чертежный допуск на биение — не более 20 мкм.

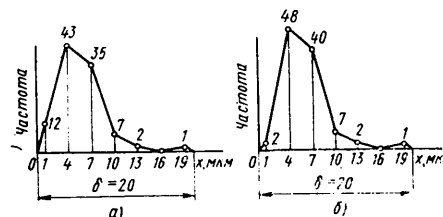


Рис. 2. Эмпирические распределения биений шеек распределительных валов

В первой партии биения 10 валов по величине ближе к нулю, чем во второй. Поэтому согласно первому признаку оптимальности искомого соотношения величин показателей точности обработки валов той и другой партии отражается неравенством  $K_{p1} < K_{p2}$ .

Очертания ломаных линий на рис. 2 и кривой на рис. 1,а приблизительно одинаковы. Поэтому для определения численных значений показателей  $K_{p1}$  и  $K_{p2}$  можно использовать приведенную выше формулу. Средние и СКО рассматриваемых выборок:  $\bar{x}_1 = 5,44$ ;  $s_1 = 2,92$ ;  $\bar{x}_2 = 5,89$ ;  $s_2 = 2,57$  мкм. Тогда  $K'_{p1} \approx 0,77 > K'_{p2} \approx 0,67$ , т. е. валы второй партии шлифованы точнее валов первой партии. Отсюда вывод: в выполненных точностных оценках обработки распределительных валов двух партий более благоприятная для качества структура распределения погрешностей изготовления валов первой партии отражения не получила.

Причина кроется в следующем. СКО — это характеристика рассеяния значений случайной величины около ее среднего значения. В частности, при одном и том же диапазоне рассеяния СКО уменьшается, если концентрация значений около среднего возрастает (безразлично, с какой стороны — с левой или правой). Установленные выше средние значения  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$  лежат на стыке интервалов с центрами 4 и 7 мкм (см. рис. 2). В первой выборке в данных интервалах сосредоточено 78, а во второй — 88% значений биений. Концентрация их около значений  $\bar{x}_2$  выше, СКО — меньше. Это уменьшение произошло за счет перемещения к центру распределения значений, лежащих слева от него. Но совершенно законное, с математических

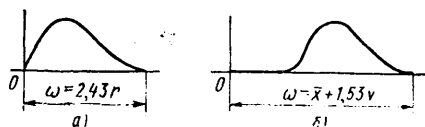


Рис. 1. Распределения Рэлея

позиций, уменьшение СКО повлекло за собой лишнее технологического смысла понижение величины показателя  $K_{p2}$  относительно  $K'_{p1}$ .

Из сказанного ясно, что расчетные формулы полей рассеяния положительных (скалярных) величин на основе СКО строить нецелесообразно.

Пример 2. На рис. 3 толстой линией вычерчена кривая нормального распределения генеральной совокупности значений сопрягаемого размера детали универсально-сборочного приспособления (УСП) по полю допуска  $\delta$  симметрично номиналу  $x$ . Пусть в партии деталей значения сопрягаемого размера рассеиваются тоже нормально, но на одной половине

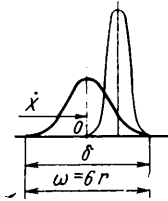


Рис. 3. Распределения сопрягаемого размера детали УСП

поля допуска, т. е. пусть  $\omega = 0,5\delta$  (тонкая линия на рис. 3). Необходимо, во-первых, методиками ГОСТ 16467—70 оценить точность изготовления деталей партии и, во-вторых, методами ГОСТ 16320—80 оценить точность блоков УСП, собранных из этих деталей.

Поскольку заданное поле рассеяния сопрягаемого размера деталей партии вдвое меньше его допуска, то показатель  $K'_{pУСП} = 0,5$ , что свидетельствует об отличной точности изготовления партии деталей.

Согласно ГОСТ 16320—80 номинальное значение  $x_{\Delta}$  сборочного размера блоков, собранных из данных деталей общего случая, равняется сумме номинальных размеров  $x$  деталей. Значения же сборочного размера распределяются симметрично номиналу по полю допуска  $\delta_{\Delta} = \delta\sqrt{N}$ , где  $N$  — число деталей в блоке. Например, в блоке из четырех деталей суммарное поле равно  $2\delta$ , т. е.  $\delta_{\Delta} = x_{\Delta} \pm \delta$ . Из рис. 3 видно, что центр распределения, кривая которого проведена тонкой линией, отстоит от номинала на  $0,25\delta$ . В соответствии с ГОСТ 16320—80 центр распределения сборочного размера блоков из четырех деталей партии отклонится от номинала  $x_{\Delta}$  на величину  $\delta$ , т. е. окажется на границе поля  $\delta_{\Delta}$ , а половина значений сборочного размера выйдет, следовательно, за границу поля. Разумеется, такая точность УСП для практики неприемлема.

Дело здесь в следующем. Согласно ГОСТ 16467—70 поле рассеяния нормально распределенных линейных размеров равно 6 СКО. Само собой разумеется, что и поле рассеяния размера в партии деталей тоже равно 6 СКО. Посредством этих СКО данное поле скоординировано относительно его центра. Но такая его координация совершенно не увязана с точностью собранных из деталей УСП. Результат: из отлично обработанных деталей партии собраны узлы неудовлетворительного качества (см. четвертый признак оптимальности).

Таким образом, из второго примера следует, что и в расчетных формулах полей рассеяния сопрягаемых размеров неподвижных соединений СКО применять нецелесообразно.

Напрашивается вопрос: какие же числовые характеристики распределений следует использовать в расчетных формулах полей рассеяния? Ответ однозначен: мера полей рассеяния значений погрешностей изготовления должна способствовать концентрации этих значений на выгодных, с точки зрения качества, участках полей допусков погрешностей. Значит, естественной мерой полей рассеяния параметров-скаляров и сопрягаемых размеров неподвижных соединений являются их среднеквадратичные значения (СКЗ). Построенные на основе СКЗ  $r$ -формулы полей рассеяния параметров-скаляров, распределяющихся по законам Рэлея, Гаусса и модуля нормального

распределения, приведены на рис. 1,а; 4,а; 5,а; формула для нормально распределенных сопрягаемых размеров неподвижных соединений — на рис. 3.

Практика показала, что большая часть кривых эмпирических распределений параметров-скаляров к нулю не примыкает. Особенно часто с таким фактом приходится сталкиваться при проверках технологической точности оборудования с длительным сроком службы. Расчетные формулы полей рассея-

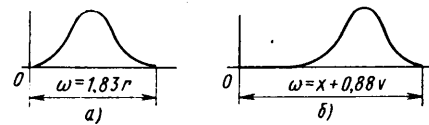


Рис. 4. Нормальные распределения

ния рассматриваемых случаев представлены в общем виде на рис. 1,б; 4,б; 5,б. (Здесь  $V$  — СКЗ эмпирического распределения, центрированного минимальным выборочным значением). Новые формулы несколько лет использовались в механосборочном производстве ВАЗа при определении точности обработки деталей на металлорежущих станках. После апробации они были включены в стандарт предприятия СТП 37.101.9588—80.

Применим формулу рис. 1,а к оценкам точности шлифовки шеек распределительных валов первого примера, где  $r_1 = 6,17$  мкм, а  $r_2 = 6,43$ . Тогда  $K_{p1} \approx 0,75 < K_{p2} \approx 0,78$ , т. е. показатели правильно отражают точность обработки распределительных валов той и другой партии.

Теперь можно правильно оценить и точность изготовления деталей УСП второго примера. Нетрудно подсчитать, что СКЗ распределения, кривая которого обозначена на рис. 3 тонкой линией, равно 1,58 СКО распределения, кривая которого обозначена там же толстой линией. Тогда, с учетом формулы, приведенной на рис. 3,  $K_{pУСП} = 1,58$ . Как видим, выполненная по новой методике оценка точности изготовления партии деталей УСП оказалась крайне низкой: показатель  $K_{pУСП}$  в 3 с лишним раза больше показателя  $K'_{pУСП}$ , вычисленного по ГОСТ 16467—70.

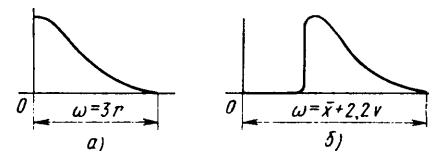


Рис. 5. Распределения модуля нормального распределения

Представленные здесь новые формулы полей рассеяния параметров выведены на основе СКЗ, «привязанных» к их номиналам. Но в общем случае, исходя из нового подхода к точностным оценкам, в качестве мер полей рассеяния могут служить среднеквадратичные значения, отсчитываемые (см. ГОСТ 15467—79) от «оптимальных значений показателей качества продукции». Для второго и третьего признаков оптимальности, например, такими точками отсчета могут быть соответственно проходные и непроходные пределы допусков деталей.

Таким образом, установлено, что в составленных по ГОСТ 16467—70 статистических точностных оценках влияние структуры распределений погрешностей изготовления изделий на их надежность и долговечность фактически не учитывается. Новый подход, о котором идет речь в статье, устраняет этот недостаток. Он лежит в русле основной цели СТ КСУКП — достижение оптимального качества продукции. Поэтому представляется целесообразным пересмотреть затронутые методические положения ГОСТ 16467—70 и других стандартов, связанных с точностью производства промышленной продукции, для повышения их научно-технического уровня.

## Свойства высокопрочной листовой

## стали для штамповки

С. А. ГОЛОВАНЕНКО, М. С. ВАСИЛЕВСКИЙ, Л. М. СТОРОЖЕВА, В. И. ФАЛКОН

ЦНИИчермет им. И. П. Бардина

**В** ПОСЛЕДНИЕ годы большой интерес исследователей и разработчиков, связанных с автомобилестроением, вызывают высокопрочные низколегированные малоуглеродистые стали, повышенная прочность которых позволяет уменьшать толщину, а следовательно, и массу изготавливаемых из них деталей [1]. Однако высокопрочные стали, полученные по традиционной технологии, обладают недостаточной пластичностью для получения штампованных деталей. В связи с этим большое значение имеет новый тип высокопрочных легированных сталей — с так называемой двухфазной ферритно-мартенситной структурой, которые обычно получают охлаждением из  $\alpha+\gamma$ -области со скоростью, обеспечивающей получение регламентированного количества мартенсита.

Для двухфазных сталей характерна диаграмма «напряжение — деформация», отличающаяся отсутствием площадки текучести. Они обладают низким пределом текучести  $\sigma_{0,2}$ , высоким временным сопротивлением  $\sigma_b$ , низким отношением  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$ , большим равномерным и общим удлинением и высоким коэффициентом деформационного упрочнения [2].

После штамповки и сушки деталей предел текучести в готовом изделии достигает величины, превышающей 550 МПа [3].

При разработке промышленной технологии производства двухфазных сталей и выборе их марок важно установить влияние скорости и температуры охлаждения, а также различных легирующих добавок на механические свойства. Результаты исследований приведены ниже.

Исследуемую сталь выплавляли в индукционной печи вместимостью 50 кг и разливали на три слитки массой 17 кг каждый. Легирование проводили в ковше и изложницах. Слитки, прокованные в сутунки, подвергали горячей прокатке на полосы толщиной 5 мм (обжатие примерно 90%). Затем проводили травление и холодную прокатку полос до толщины 2 мм (обжатие 60%).

В холоднокатаном состоянии сталь характеризуется низкой пластичностью ( $\delta_s = 3 \div 7\%$ ) и высокими (800—1000 МПа), близкими одно к другому, значениями предела текучести и временного сопротивления, что характерно для сильно наклепанного металла.

Термическую обработку стали проводили по следующим режимам: закалка в воду от четырех температур  $\alpha+\gamma$ -интервала (1023, 1043, 1063, 1093 К), выдержка 10 мин при температуре обработки. Для изучения влияния скорости проводили закалку стали от 1023 К в воде, масле и на воздухе (под вентилятором). Механические свойства определяли на разрывной машине «Инстрон».

С целью имитации деформации при изготовлении деталей образцы термически обработанной стали были растянуты на 3—6%, а затем подвергнуты отпуску при 473 К в течение 1 ч (т. е.

в режиме сушки лакокрасочных покрытий автомобильных деталей).

После закалки в воде (скорость охлаждения примерно 600 град/с) все изученные стали по микроструктуре и свойствам можно было отнести к двухфазным ферритно-мартенситным сталям. Для них, как уже упоминалось, характерно отсутствие площадки текучести на кривой «напряжение — деформация», низкий предел текучести (300—400 МПа), высокая прочность (600—750 МПа), хорошее относительное удлинение (20—30%) (рис. 1) и высокий коэффициент деформационного упрочнения (0,19—0,2). Микроструктура стали состоит из ферритной матрицы, на границах и стыках зерен которой расположены островки мартенсита (рис. 2).

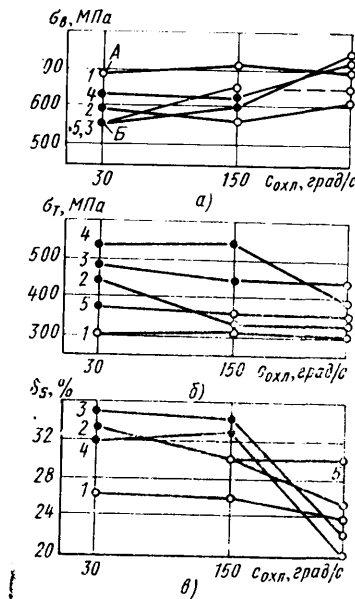


Рис. 1. Влияние скорости охлаждения на механические свойства стали:

а — предел прочности; б — предел текучести; в — относительное удлинение; А — отсутствие площадки текучести; Б — наличие площадки текучести; 1 — 0,07 С—Мп—Si; 2 — 0,07С—Мп—0,3—Si—V; 3 — 0,07 С—Мп—0,6 Si—V; 4 — 0,12 С—Мп—Si—V; 5 — 0,17С—Мп—Si—V—Cr

При снижении скорости охлаждения до 150 град/с, а затем до 30 град/с прочностные характеристики экономно легированной кремний-марганцевистой стали (см. рис. 1, кривые 1) практически не меняются, в то время как общее удлинение возрастает. Коэффициент деформационного упрочнения при этом увеличивается до 0,24, что благоприятно сказывается на штампуемости стали. Аналогичным образом изменяются свойства стали, содержащей дополнительно 0,12% ванадия, при снижении скорости охлаждения до 150 град/с (см. рис. 1, кривые 2). Однако при дальнейшем уменьшении скорости охлаждения на кривых напряжения — деформация появляется площадка текучести,

предел текучести повышается до 70—150 МПа, предел прочности снижается до 100—150 МПа, несколько повышается относительное удлинение (видимо, вследствие разупрочнения).



Рис. 2. Микроструктура ферритно-мартенситной стали (X600)

Увеличение содержания углерода приводит к повышению прочности стали при всех скоростях охлаждения. Например, повышение содержания углерода на 0,04% (см. рис. 1, кривые 2 и 4) после закалки в воде приводит к возрастанию предела текучести и временного сопротивления соответственно на 50 и 100 МПа. Относительное удлинение при этом снижается на 5%, что связано с увеличением доли второй фазы при одновременном измельчении зерна феррита.

Сталь, содержащая 1,9% Мп, способна закалиться в широком интервале скоростей охлаждения, что объясняется высокой устойчивостью образующегося при нагреве аустенита. Стабильность ее механических свойств связана с неизменностью микроструктуры после закалки с различными скоростями охлаждения.

Влияние повышения содержания кремния в 2 раза (см. рис. 1, кривые 2 и 3) зависит от скорости охлаждения и связано с упрочнением феррита. После закалки в воду в стали с повышенным содержанием кремния наблюдается увеличение предела текучести и временного сопротивления на 100 и 120 МПа, относительное удлинение при этом снижается на 3%. При уменьшении скорости охлаждения разница в характеристиках прочности снижается практически до нуля.

Введение в сталь ванадия приводит к образованию карбидов VC, что отражается на ее свойствах. При повышении температуры до 1023 К карбиды частично растворяются, ванадий и углерод переходят в аустенит и при закалке в воду фиксируются в мартенсите, повышая его прочность. В связи с этим сталь с ванадием имеет более высокие прочностные характеристики, чем сталь без ванадия после закалки в воде. Однако при снижении скорости охлаждения карбиды ванадия успевают выделиться из твердого раствора. Аустенит обедняется углеродом и ванадием, его закаливаемость снижается. В связи с этим сталь с ванадием не

закаливается в масле и на воздухе и ее механические характеристики резко изменяются при уменьшении скорости охлаждения в отличие от свойств стали без ванадия (см. рис. 1, кривые 1 и 3).

Надо отметить также, что наличие в стали карбидов ванадия приводит к сохранению после термической обработки полосчатости микроструктуры, присущей холоднокатаному металлу, что, видимо, должно усиливать анизотропию механических свойств листовой стали.

При комнатной температуре в двухфазных сталях старение практически не происходит. Свойства деформированных и подвергнутых старению при 473 К образцов двухфазной ферритно-мартенситной стали зависят от скорости охлаждения. Увеличение предела текучести после закалки в воде всех сталей выше, чем после закалки в масле. Максимальное увеличение предела текучести (более чем в 2 раза) наблюдается у стали без ванадия. При этом предел текучести данной стали увеличивается в основном за счет деформации (90—95% от общего прироста). Для остальных сталей с ферритно-мартенситной структурой общее увеличение предела текучести несколько ниже (80—90%). В общем, после деформационного старения ферритно-мартенситные стали имеют высокий предел текучести (свыше 550 МПа) и высокую прочность (800—900 МПа) при хорошем запасе пластичности (относительное удлинение 15—20%).

После закалки в воде от различных температур  $\alpha+\gamma$ -интервала все исследованные стали имеют ферритно-мартенситную структуру. С увеличением температуры нагрева их прочностные характеристики возрастают, а пластичность снижается (рис. 3), что связано с увеличением доли мартенсита в микроструктуре.

Наибольшее изменение механических свойств при увеличении температуры нагрева наблюдается у стали с повышенным содержанием углерода. Это может быть обусловлено более интенсивным возрастанием доли мартенсита в микроструктуре.

Увеличение содержания марганца с 1,5 до 1,9% приводит к повышению прочности стали (рис. 3, кривые 1 и 6), причем свойства стали, содержащей большее количество марганца, меньше изменяются при изменении температуры нагрева.

Наименьшей чувствительностью механических характеристик к увеличению температуры нагрева обладают стали с повышенным содержанием кремния (0,6%). Это связано с влиянием кремния как  $\alpha$ -стабилизатора, повышающего температуру  $A_3$ .

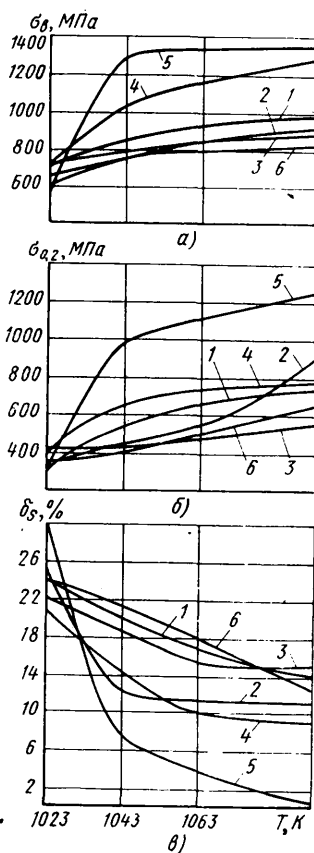


Рис. 3. Влияние температуры нагрева при закалке на механические свойства стали: а — предел прочности; б — предел текучести; в — относительное удлинение; обозначения кривых 1—5 те же, что на рис. 1; 6 — 0,07С—Мn—Si—V

Введение в сталь ванадия приводит к понижению механических свойств стали. Связывая углерод в карбиды, которые при нагреве растворяются не полностью, ванадий способствует понижению прочности стали. С другой стороны, выделение карбидов по границам зерен феррита приводит к понижению ее пластичности.

При анализе поведения стали, легированной хромом, было обнаружено, что ее прочность скачкообразно возрастает при увеличении температуры нагрева, что, видимо, связано с высоким содержанием в стали углерода и хрома. При низких температурах эти элементы связаны между собой в карбиды и аустенит обеднен ими. С повышением температуры карбиды хрома растворяются, аустенит насыщается С и Cr. В результате количество и степень легирования аустенита, а следовательно, и мартенсита, после закалки резко уве-

личиваются, что приводит к скачкообразному повышению прочности.

В целях опробования штампуемости исследуемых ферритно-мартенситных сталей из металла, изготовленного в ЦНИИчермете, на Волжском автозаводе им. 50-летия СССР были отштампованы детали пяти наименований для легковых автомобилей «Жигули». По технологии ВАЗа указаные детали делают из низкоуглеродистых сталей. При штамповке ферритно-мартенситных сталей трудностей не наблюдалось. При изготовлении двух деталей (крышки коробки передачи и полукопуса дополнительного переднего глушителя) была использована сталь меньшей (на 20%) толщины, чем предусмотрено технологией ВАЗа.

Таким образом, в результате проведенной работы получены двухфазные ферритно-мартенситные стали с благоприятным сочетанием прочности и штампуемости. Установлено, что с наименьшей чувствительностью к скорости охлаждения обладает экономно-легированная сталь, содержащая 0,07С—1,9 Мп—0,6 Si, а наименьшей чувствительностью к температуре нагрева — стали с повышенным содержанием кремния. Ванадий отрицательно влияет на механические свойства исследованных сталей.

После деформации (3—6%) и старения (при 473 К) наблюдается повышение предела текучести ферритно-мартенситных сталей, причем прирост  $\sigma_{0.2}$  тем больше, чем выше скорость охлаждения. Максимальное увеличение предела текучести (более чем в 2 раза) наблюдается для экономно-легированной стали и происходит в основном за счет деформации (90—95% от общего прироста). Для сталей с ванадием предел текучести увеличивается в 1,8—1,9 раза.

Штамповка деталей из двухфазных ферритно-мартенситных сталей по технологии ВАЗа показала, что при использовании высокопрочных ферритно-мартенситных сталей, обладающих повышенной прочностью и штампуемостью, толщину и массу деталей можно снизить на  $\approx 20\%$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Owen W. Can a simple heat treatment help to save Detroit? — Metals Technology, 1980, January, pp. 1—13.
2. Голованенко С. А., Фонштейн Н. М. Новый класс материалов — ферритно-мартенситные стали высокой штампуемости. — Сталь, № 7, 1980, с. 615—620.
3. Dual — Phase steels Form Like Butfer. — Production, oct. 1978, v. 82, № 4, pp. 62—66.

# Полугорячее выдавливание поршневых пальцев

Канд. техн. наук Е. И. НАТАНЗОН, Л. С. ТЕМЯНКО

Горьковский автозавод

**П**ОРШНЕВЫЕ пальцы автомобильных двигателей должны обладать высокой прочностью и износостойкостью. Поэтому создание оптимального технологического процесса их массового изготовления весьма важно.

В настоящее время формообразование поршневых пальцев осуществляется либо точением из прутка или трубы, либо холодным объемным пластическим деформированием, а упрочнение — цементацией с последующей закалкой или улучшением с последующей поверхностной закалкой при нагреве ТВЧ.

Самый низкий коэффициент использования металла и самые высокие трудовые затраты получаются при формообразовании точением из прутка, а при точении из трубы коэффициент использования металла возрастает, однако возрастает и стоимость материала, так как его уменьшенный расход не компенсирует значительную стоимость трубы.

Изготовление поршневых пальцев методом холодного объемного выдавливания обеспечивает значительное снижение расхода металла и трудовых затрат. Однако данный технологический процесс имеет существенные недостатки, связанные в основном с невозможностью использования среднеуглеродистых сталей, а также с невозможностью применения для упрочнения поршневых пальцев эффективного процесса поверхностной закалки с нагревом ТВЧ; необходимостью применения более дорогих легированных конструкционных сталей для обеспечения прочности поршневых пальцев при низком содержании углерода в сталях, высокими энергетическими затратами и дополнительными затратами на жаро-

упорные материалы, необходимые при операциях отжига и цементации.

Из различных методов холодного объемного выдавливания поршневых пальцев (двустороннее выдавливание с перекаптовкой детали [1], двустороннее выдавливание двумя подвижными пуансонами [2], двустороннее выдавливание на неподвижном стержне [3], одностороннее выдавливание [4], а также комбинированные методы прямого и обратного выдавливания [5]) одностороннее выдавливание имеет существенные преимущества, связанные с расположением волокна в детали.

В отличие от двустороннего выдавливания, при котором в середине детали остается перемычка, удаляемая последующей пробивкой или сверлением и приводящая при этом к перерезанию волокон металла и тем самым к снижению прочности в наиболее нагруженной зоне поршневого пальца, при одностороннем выдавливании эта перемычка является дном выдавленного стакана и смещена, таким образом, к менее нагруженному краю детали.

По такому методу на ВАЗе изготавливают поршневые пальцы из бунтов обточенной стали 12ХН. Нарубленные заготовки осаживают, галтуют, промывают и подвергают отжигу. После фосфатирования и омыливания производится обратное выдавливание, пробивка дна и калибровка. Затем снимают наружную и внутреннюю фаски и подрезают торцы. Химико-термическая обработка поршневых пальцев состоит из цементации, закалки и отпуска при 433 К.

На Горьковском автозаводе поршневые пальцы изготавливают из прутков калиброванной стали 45 диаметром 23–0,14 мм (табл. 1). После рубки и про-

тяжки торцев заготовки предварительно шлифуют, сверлят и зенкеруют в них отверстия, снимают наружную и внутреннюю фаски. Термическая обработка состоит из закалки в масле с температурой 1123 К, отпуска при 833 К (твердость *HRC* 25—35), поверхностной закалки с нагревом ТВЧ и отпуска при 433 К.

В табл. 2 приведены технико-экономические показатели обоих технологических процессов. Из таблицы видно, что, несмотря на более высокий коэффициент использования металла и низкую трудоемкость, себестоимость поршневых пальцев, изготовленных по технологии ВАЗа, значительно выше. Это связано с более высокими стоимостью стали, энергетическими затратами и расходом жароупорных материалов. Надо иметь в виду, что капитальные затраты на приобретение основного технологического оборудования ВАЗа также выше (требуются дополнительно печь отжига, агрегат для цементации, генераторы для защитной атмосферы, оборудование для фосфатирования и омыливания).

Известна высокая точность деталей, полученных методом полугорячего выдавливания [6, 7, 8]. При этом уменьшаются энергетические затраты, появляется возможность использовать труднодеформируемые в холодном состоянии стали и именно поэтому резко снизить удельные нагрузки на инструмент, а также исключить применение дорогостоящих пуансонов из твердого сплава.

На Горьковском автозаводе разработана и опробована новая технологическая процесс изготовления поршневых пальцев с применением полугорячего выдавливания. Прутки холоднокалиброванной стали 45 диаметром 22,5 мм по четвертому классу точности рубят во втулочном штампе на заготовке длиной 48±0,5 мм. Нагретые ТВЧ до температуры 1123—1133 К заготовки подаются на автомат штамповки, который последовательно выполняет подчеканку торцев, обратное выдавливание и просечку дна пальца.

Автомат выполнен на базе механического пресса усилием 1000 кН и числом ходов 65 в 1 мин. Он снабжен устройством для подачи нагретой заготовки из индуктора в зону штампа и грейферным передающим устройством, механически сблокированным с кинематикой пресса. Производительность автомата — 1000 деталей в 1 ч. Пуансон и матрица для выдавливания пальцев изготовлены из стали Р6М5К5, стоимость пуансона — 8000 деталей. Пальцы, полученные на автомате, имеют наружный диаметр 23–0,14 мм. Их разностенность не превышает 0,5 мм.

После остывания пальцев подрезают их торцы, снимают фаски и шлифуют по наружному диаметру до 22,45±±0,02 мм. Так как при поверхностной закалке с нагревом ТВЧ сердцевины пальца, не подвергающаяся закалке, нагревается до температуры, обеспечивающей твердость *HRC* 25—35, появилась возможность отменить высокий отпуск при 833 К, что способствовало

Таблица 1

Завод-изготовитель	D, мм	d, мм	l, мм	Марка стали, твердость	Масса, г	Упрочняющая обработка, толщина слоя h, мм	Твердость <i>HRC</i> поверхности/сердцевины
ВАЗ	22	15	67	12ХН, <i>HV</i> 187—210	106	Цементация, закалка: 0,6—0,8	60—65 38
ГАЗ	22	14,8	70	45, <i>HV</i> 210—241	114	Улучшение, поверхностная закалка с нагревом ТВЧ, 1—1,5	58—65 20—40

Таблица 2

Основные элементы затрат на изготовление 1000 шт. поршневых пальцев	По технологии		
	ВАЗа	ГАЗа	По технологии ГАЗа с применением полугорячего выдавливания
Расход стали, кг	136	248	151
Коэффициент использования металла	0,78	0,45	0,75
Стоимость стали, %	100	77,3	47
Энергетические затраты на термообработку, кг условного топлива	131,4	61,8	58,7
Расход жароупорных материалов, кг	1,6	0,14	0,10
Трудоемкость, %	100	244	178
Себестоимость, руб.	172	79,2	53*

\* Предполагаемая.

дополнительному снижению энергетических затрат. При этом, как показали исследования, прочностные свойства пальца находятся на уровне свойств пальцев, прошедших улучшение по действующей технологии.

Поршневые пальцы, изготовленные полугорячим выдавливанием, имеют устойчивость прочностные свойства выше, чем изготовленные точением, благодаря более благоприятному расположению волокон. Для увеличения поверхностной твердости до HRC 60 поршневые пальцы, проходящие закалку с нагревом ТВЧ, следует изготавливать из стали 50.

Из табл. 2 видно также, что коэффициент использования металла при изготовлении поршневых пальцев полугорячим выдавливанием несколько ниже, чем при изготовлении холодным выдавливанием, что связано с дополнительным расходом металла на предварительное перед термообработкой шлифование пальцев, которое производится с целью удаления обезуглероженного слоя (в случае применения цементации поршневых пальцев такая необходимость отпадает). Трудоемкость изготовления поршневых пальцев полугоря-

чим выдавливанием выше, чем холодным, так как при этом необходимы такие операции, как предварительное шлифование и ручная закалка с нагревом ТВЧ. Однако некоторые технико-экономические показатели, например, стоимость стали, энергетические затраты, расход жароупорных материалов и себестоимость, при изготовлении поршневых пальцев полугорячим выдавливанием лучше, чем при холодном.

Видимо, применение методов полугорячего выдавливания целесообразно при изготовлении [9] толстостенных поршневых пальцев из стали 55п взамен изготовления их из труб стали 12ХНЗА. Это позволит создать высокоэффективный технологический процесс изготовления поршневых пальцев для дизелей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Piston pins by cold extrusion. — Precision Metal, 1970, v. 28, № 9, pp. 64—65.
2. Калениченко И. С. Пресс-автомат для двустороннего холодного выдавли-

вания заготовок поршневых пальцев. — КШП, 1972, № 3, с. 21—22.

3. Филимонов Ю. Ф., Есин А. А. Опыт освоения холодного прессования заготовок поршневых пальцев. — КШП, 1967, № 1, с. 6—11.

4. Технология изготовления поршневого пальца методом холодного выдавливания. Серия 10—06, М.: НИИНавтопром, 1979, № 37—79.

5. Chose Herbert. Buick gudgeon pin production. — Automobile Engineer, 1965, v. 55, № 11, pp. 452—455.

6. Ильич В. Д., Мулин В. П. Полугорячее выдавливание. М.: НИИМаш, 1971, 70 с.

7. Иосифов В. Н., Короткевич В. П. Исследование механических свойств конструкционных сталей в интервале температур полугорячей деформации. — КШП, 1980, № 1, с. 13—14.

8. Развитие штамповочного производства в Западной Европе. — Автомобильная промышленность США, 1980, № 2, с. 8—10.

9. Исхаков С. С. Термическая обработка деталей в тракторном и сельскохозяйственном машиностроении. — МТОМ, 1982, № 2, с. 2—8.

УДК 629.113-034.131.7:669.131.7

# Хладостойкий высокопрочный чугун с шаровидным графитом для деталей автомобилей

Кандидаты техн. наук М. М. ЛЕВИТАН, В. И. ЗАХАРОВ

НАМИ

В ПОСЛЕДНЕЕ время для изготовления многих деталей автомобильной техники взамен ковкого чугуна и стали начали использовать высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ). Например, из него изготавливают даже такие ответственные детали, как ступицы колес, кронштейны, картеры силовых передач и др. ВЧШГ удачно сочетает в себе высокие механические свойства, по некоторым показателям близкие к свойствам литой и ковкой стали, с технологичностью серого чугуна. Следовательно, его применение позволяет обеспечить высокую прочность деталей и, в то же время, экономить дефицитный стальной прокат.

Номенклатура деталей, изготавливаемых из ВЧШГ, могла бы, видимо, расширяться, однако этому мешает то, что ряд вопросов, связанных с особенностями разрушения ВЧШГ, поведением его в различных условиях эксплуатации, особенно при низких температурах, изучен еще недостаточно. В связи с этим были проведены исследования влияния химического состава и структуры высокопрочного чугуна с шаровидным графитом на его свойства, а на их основе — разработаны рекомендации по применению ВЧШГ в производстве некоторых деталей.

Одним из основных параметров, характеризующих качество и надежность материала, является его ударная вязкость: от нее зависит надежность работы изготовленной из этого материала детали в тяжелых условиях эксплуатации (в режиме динамических нагрузок при низкой температуре и т. п.). Поэтому в ходе исследования ВЧШГ определялась ударная вязкость чугунов различного химического состава, а также строение металлической матрицы, форма, размеры, занимаемая площадь и характер распределения графитовых включений, т. е. параметры, позволяющие определить сравнительную склонность этих чугунов к хрупкому разрушению. В том числе и при пониженных температурах, которые, как известно, являются фактором, способствующим проявлению у всех сплавов на основе железа склонности к хрупкому разрушению.

Критерием сопротивляемости сплавов хрупкому разрушению служила в этом случае, как и обычно, так называемая критическая температура хрупкости ( $T_{кр}$ ), т. е. температура перехода от вязкого разрушения к хрупкому (ее еще называют порогом хладноломкости, а само явление хрупкого разрушения металлов при низких температурах — хладноломкостью). Испытания на ударный изгиб при различных температурах вели на надрезанных и ненадрезанных образцах, а затем строили зависимости ударной вязкости — температура

испытания» [1, 2]. При этом более эффективным [3] оказалось определение порога хладноломкости по температуре  $T_{50}$ , т. е. по температуре, при которой в изломе находится 50% волокон.

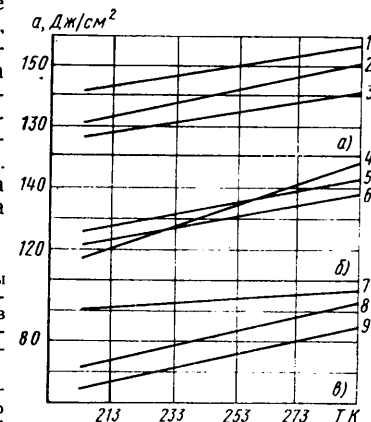
Ударная вязкость высокопрочного чугуна с шаровидным графитом в основном зависит от химического состава и структуры металлической основы [4], поэтому для исследований был выбран высокопрочный чугун с шаровидным графитом, содержащий (в %): 2,8—3,8 C; 1,6—2,2 Si; 0,03—0,16 P; 0,4 Mn; 0,01 S; 0,04 Mg. Кроме того, для сравнения рассматривали ударную вязкость и хладостойкость ферритного ковкого чугуна и литой стали 35Л, применяемых для изготовления ответственных деталей автомобилей.

Для получения ферритной структуры металлической основы ВЧШГ литые заготовки подвергали двухступенчатому отжигу при 1173 и 993К.

Влияние углерода и температуры испытания на ударную вязкость показано на рис. 1, из которого видно, что ударная вязкость образцов чугуна с минимальным (в исследованном интервале концентраций) содержанием углерода (2,8%) — наибольшая. Порог хладноломкости ( $T_{50}$ ) чугуна с содержанием 2,8% C равен 243 К и значительно выше, чем у чугуна с большим содержанием углерода. Порог хладноломкости ВЧШГ с содержанием 3,2—3,8% C находится ниже 203 К, т. е. имеет место смещение  $T_{50}$  на 40°, что, вероятно, связано с увеличением количества включений графита и уменьшением среднего диаметра шаровидных включений по мере повышения содержания углерода в чугуне.

Существенное влияние на структуру и свойства чугуна

Рис. 1. Влияние температуры  $T$  испытания на ударную вязкость  $a$  образцов ВЧШГ без надреза в зависимости от содержания углерода ( $a$ ), кремния ( $b$ ) и фосфора ( $c$ ):  
1—2,8% C; 2—3,2% C; 3—3,8% C; 4—2,2% Si; 5—1,6% Si; 6—1,8% Si; 7—0,03% P; 8—0,09% P; 9—0,16% P



Автомобильная промышленность, № 10, 1982 г.

оказывает кремний. Установлено, что при содержании кремния выше 3,0% ударная вязкость чугуна снижается, его хрупкость повышается за счет повышенной микроликации кремния и образования кремнистого феррита [5].

Из рис. 1 видно также, что порог хладноломкости ( $T_{50}$ ) чугуна с содержанием кремния 1,6 и 1,8% находится ниже температуры 203 К, а чугуна с содержанием кремния 2,2% составляет 243 К.

Таким образом, оптимальным содержанием кремния в чугуне, учитывая величину его ударной вязкости, значение порога хладноломкости, а также возможность получения литой структуры без цементита, следует считать 1,8%.

Увеличение содержания марганца в чугуне резко повышает его склонность к хрупкому разрушению. Особенно это проявляется в увеличении перлитной составляющей металлической основы и образовании структурно свободных карбидов, а также в упрочнении феррита. Уменьшение пластичности и вязкости чугунов начинается уже при концентрации 0,3—0,5% марганца [6].

Фосфор также оказывает заметное влияние на механические свойства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (см. рис. 1). Отрицательное влияние фосфора на ударную вязкость можно связать со склонностью его к ликвации, упрочнением феррита и образованием фосфидной эвтектики, которая появляется в структуре медленно охлажденных сплавов уже при 0,05% Р. Особенно неблагоприятное влияние фосфора на ударную вязкость и хладостойкость проявляется при повышенном содержании кремния ( $>2,5\%$ ), когда усиливается ликвация фосфора и фосфидная эвтектика появляется при меньшей концентрации фосфора. Отмечено значительное изменение  $T_{50}$  ВЧШГ в зависимости от содержания фосфора:  $T_{50}=218$  К при 0,03% Р;  $T_{50}=263$  К при 0,09% Р;  $T_{50}>293$  К при 0,16% Р.

Магний, содержащийся в чугуне, приводит к некоторому повышению критического температурного интервала хрупкости. Скорость распространения трещины в чугуне увеличивается с повышением содержания магния [7]. При содержании магния выше 0,05% возможно его демодифицирующее действие и ухудшение формы графита. Оптимальное остаточное содержание магния в ВЧШГ составляет 0,03—0,05%.

В связи с тем, что зависимость ударной вязкости и положения температурного порога хрупкости чугунов от содержания легирующих элементов изучены недостаточно, было исследовано их влияние на хладостойкость ВЧШГ методом математического планирования экспериментов. Легирующими элементами были медь, никель, молибден и хром. При этом исследовали их влияние на временное сопротивление, твердость, ударную вязкость при 203 К, порог хладноломкости чугуна. Содержание элементов, в также температуру его перегрева, состав и количество магнийсодержащей лигатуры, размеры и способ ввода модификатора, количество ферросилиция, присаживаемого в ковш после ввода магния, при проведении экспериментов поддерживали на постоянном уровне: 3,4—3,6% С; 1,7—1,9% Si; 0,3—0,4% Mn; 0,02—0,03% Р; температура перегрева 1723—1733 К, 1% магнийсодержащей лигатуры от массы металла, 0,5% ферросилиция ФС-75 от массы металла при вторичном модифицировании.

В результате было установлено, что наибольшее влияние на временное сопротивление оказывают хром, затем медь, никель и наименьшее — молибден.

По степени влияния на повышение твердости чугуна исследованные легирующие элементы располагаются в следующем порядке: хром, медь, никель, молибден. Причем, влияние хрома почти в 4 раза сильнее, чем меди или никеля.

Исследованные легирующие элементы понижают ударную вязкость чугуна при 203 К. В наименьшей степени это делает никель, в наибольшей — хром. Медь и молибден занимают промежуточное положение.

Таким образом, исследованные легирующие элементы повышают порог хладноломкости чугуна, но особенно сильно — хром (в 4—5 раз сильнее других элементов). По степени эффективности повышения порога хладноломкости чугуна легирующие элементы можно расположить в следующем порядке: хром, никель, медь, молибден.

В связи с тем, что ударная вязкость и хладостойкость являются структурно чувствительными характеристиками ВЧШГ, изучали влияние размера ферритного зерна, количества перлита и режима термической обработки.

Величину зерна ВЧШГ (3,5% С; 1,9% Si; до 0,4% Mn; до 0,03% Р; до 0,01% S; до 0,05% Mg) оценивали по его среднему условному диаметру  $d_{усл}$  согласно ГОСТ 5639—65. На микрофотографиях в любом направлении проводили несколько прямых линий произвольной длины с таким расчетом, чтобы каждая из них пересекала не менее десяти зерен. При этом увеличение должно было таким, чтобы на исследуемой

поверхности располагалось не менее 50 зерен. Частное от деления длины линии на число пересечений границ зерен с этой линией давало значение среднего условного диаметра зерна.

Влияние величины ударной вязкости ВЧШГ на размер зерна феррита показано в табл. 1, из которой видно, что увеличение среднего условного диаметра зерна (22 и 40 мкм) почти в 2 раза снижает ударную вязкость образцов. Порог хладноломкости исследованного чугуна с мелкими зёрнами лежит ниже 203 К, а порог хладноломкости чугуна с более крупными зёрнами составляет 243 К.

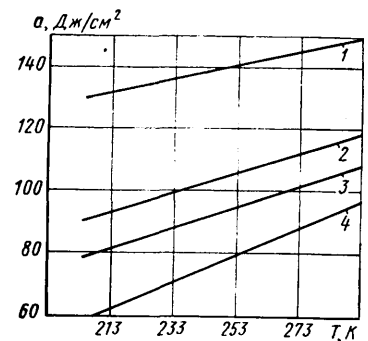
Таблица 1

Средний условный диаметр зерна феррита, мкм	Среднее значение ударной вязкости ВЧШГ (Дж/см <sup>2</sup> ) при температуре, К (образцы без надреза)				
	293	273	253	233	203
22	150	147	141	136	130
40	135	130	128	124	119

Исходя из этого, можно сделать вывод, что в отливках из ВЧШГ, предназначенных для работы при пониженных температурах, необходимо стремиться получать мелкие зерна феррита ( $d_{усл} \leq 20-25$  мкм).

Изменение ударной вязкости в интервале 293—203 К в зависимости от количества перлита в чугуне показано на рис. 2, из которого видно, что с увеличением количества перлита в структуре чугуна происходит снижение ударной вязкости со 130—150 Дж/см<sup>2</sup> при  $\leq 2\%$  перлита до 80—90 Дж/см<sup>2</sup> при 30% перлита.

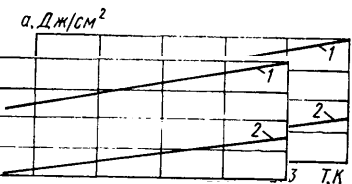
Рис. 2. Изменение ударной вязкости нелегированного ВЧШГ в зависимости от количества перлита:  
1 — до 2% перлита; 2 — 5% перлита; 3 — 15% перлита; 4 — 30% перлита



Порог хладноломкости ВЧШГ с количеством перлита в структуре до 2, 15 и 30% находится соответственно при температурах 203, 223 и 258 К.

Механические свойства ( $\sigma_B$ ,  $\delta$ ,  $HV$ ) чугуна при комнатной температуре, подвергнутого двухступенчатому (1173 и 993 К) и одноступенчатому (993 К) отжигу на феррит, оказались практически одинаковыми. Испытания при понижении

Рис. 3. Изменение ударной вязкости нелегированного ВЧШГ в зависимости от режима термической обработки:  
1 — двухступенчатый отжиг (1173 и 993 К); 2 — одноступенчатый отжиг (993 К)



температуры до 203 К (рис. 3) показали, что ударная вязкость образцов ВЧШГ после одноступенчатого отжига ниже на 15—20%, чем после двухступенчатого. При этом разброс значений ударной вязкости образцов, подвергнутых одноступенчатому отжигу, оказался выше, чем образцов после двухступенчатого отжига, что, по-видимому, связано с большей однородностью структуры металлической основы чугуна последней. Порог хладноломкости ( $T_{50}$ ) после одноступенчатого отжига составляет 238 К, после двухступенчатого — 223 К.

Благоприятно влияют на ударную вязкость чистота границ зерен и содержание примесных (вредных) элементов ниже предела их растворимости [8]. При содержании вредных элементов свыше предела растворимости образуются избыточные фазы, которые выделяются по границам зерен, резко снижая ударную вязкость чугуна.

Из сопоставления свойств ВЧШГ, ковкого чугуна и литой стали можно сделать следующие выводы.

Ударная вязкость ферритного чугуна с шаровидным графитом при всех исследованных температурах выше, чем ферритного ковкого чугуна (табл. 2). Ударная вязкость образцов с надрезом из стали 35Л при комнатной температуре выше, чем образцов из ВЧШГ, а при температурах 213—203 К — практически такая же (табл. 3).



Таблица 2

Номер плавки	Среднее значение (Дж/см <sup>2</sup> ) ударной вязкости ковкого чугуна при температуре, К (образцы без надреза)				
	293	273	253	233	203
1	86	85	81	77	71
2	78	77	75	73	67
3	76	75	74	72	65
4	74	73	71	70	64
5	72	71	69	67	61
6	67	66	65	64	59
7	58	57	56	53	48

Таблица 3

Температура, К	Среднее значение (Дж/см <sup>2</sup> ) ударной вязкости стали 35Л
373	60
353	56
333	51
313	47
293	42
273	36
253	28
233	23
203	13

Таким образом, высокопрочный чугун с шаровидным графитом рекомендуется применять для изготовления деталей автомобилей, работающих при пониженных температурах до 223 К (−50°С).

По сумме свойств — прочности, пластичности, ударной вязкости, температурному порогу хладноломкости и технологичности — оптимальным является чугун, содержащий (в %): 3,4—3,7 С; 1,8—2,2 Si\*; до 0,4 Мп; до 0,04 Р; 0,03—0,05 Mg, до 0,01 S. Структура чугуна: шаровидный графит (размер

\* В случае применения легирования содержание кремния увеличивается до 2,5%.

включений 35—45 мкм), феррит (размер зерна 25—30 мкм) и до 5% перлита. Механические свойства:  $\sigma_b = 400 \div 420$  МПа;  $\sigma_{0,2} = 230 \div 250$  МПа;  $\delta = 24 \div 26\%$ ;  $HV 160 \div 220$ ;  $T_{кр} < 223$  К;  $a_{к}^{20} = 130 \div 150$  Дж/см<sup>2</sup>;  $a_{к}^{-70} = 120 \div 130$  Дж/см<sup>2</sup>.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давиденков Н. Н. Проблема удара в металловедении. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1938. 116 с.
2. Гуляев А. П., Никитин В. Н. Об оценке качества сталей по результатам испытаний на удар надрезанных образцов. — Заводская лаборатория, 1964, № 7, с. 885—889.
3. Зеленова В. Д. Механизм вязкого и хрупкого разрушения и методы оценки сопротивления разрушению металлов и сплавов. М.: Машиностроение, 1975. 40 с.
4. Горшков А. А. Справочник по изготовлению отливок из высокопрочного чугуна. М. — Киев: Машгиз, 1961. 300 с.
5. Основы металлографии чугуна / К. П. Бунин, Я. Н. Малиночка, Ю. Н. Таран, М.: Металлургия, 1969. 415 с.
6. Ващенко К. И., Софрони Л. Магниевый чугун. М. — Киев: Машгиз, 1960. 467 с.
7. Влияние содержания магния на характер распространения трещин в чугунных отливках при динамическом изгибе / И. С. Гузь, А. П. Любченко, В. М. Мацевитый. — Литейное производство, 1976, № 9, с. 13—14.
8. Бобро Ю. Г. Легированные чугуны. М.: Машиностроение, 1976. 286 с.

## ИНФОРМАЦИЯ

## НА ВДНХ СССР

УДК 061.4:629.113.002:658.2(47) ГАЗ

## ОНИ НАГРАЖДЕНЫ МЕДАЛЯМИ ВДНХ

**М**НОГИЕ экспонаты выставки «Горьковский автозавод — передовое предприятие автомобильной промышленности», о которой рассказывалось в нашем журнале (см. «Автомобильная промышленность», № 4, 1982 г.), отмечены высокими наградами ВДНХ СССР.

Так, за разработку и внедрение технологического процесса трикатывания зубьев цилиндрических шестерен коробки передач грузового автомобиля взамен шевингования золотой медалью награжден заместитель технического директора А. Ф. Федосцев, серебряной медалью — начальник лаборатории Л. Н. Гудым, бронзовыми медалями — инженер-исследователь В. Д. Песков, шлифовщик А. Д. Шаронов, начальник бюро Я. М. Хасин. Обработка производится на станке-автомате мод. МС-5723 одним накатником. Смена заготовки осуществляется загрузочным устройством шагового типа.

За разработку (в содружестве со специалистами ГКТИАвтопрома) линии попеременно-клиновой прокатки поковок серебряными медалями награждены заместитель главного инженера производства ГАЗа И. В. Рогов и заведующий отделом средств испытания подвески ГКТИАвтопрома О. Д. Поздняков, бронзовыми медалями — токарь завода А. Ю. Еркулов, кузнец завода Г. М. Исаяв, заведующие секторами ГКТИАвтопрома А. И. Калинин и Г. И. Ершжков. Линия предназначена для изготовления поковок типа тел вращения удлиненной формы в горячем состоянии. Загрузка заготовок в зону прокатки и удаление готовых поковок и концевых отходов — автоматические. Производительность ли-

нии 320 шт./ч. В отличие от аналогов, она работает при непрерывном вращении валков. В результате внедрения линии налажен выпуск поковок первого класса точности, высвобождены двое рабочих, снижен расход металла, газа и инструмента. Экономический эффект составил 50 тыс. руб. в год.

За разработку и внедрение прогрессивного процесса получения алюминиевых отливок методом литья под низким давлением серебряной медалью награжден заместитель главного металлурга Л. А. Онгаро, бронзовыми медалями — начальник цеха Г. Н. Валюхов, заместитель начальника цеха Г. И. Сокольников и заместитель главного металлурга А. П. Жигун. Суть процесса: на машине мод. 4566С установлена металлическая пресс-форма с горизонтальным разъемом. Она — без песчаных стержней — заполняется алюминиевым сплавом АЛ-4 под давлением 0,02 МПа. Производительность машины — 15 отливок в 1 ч., режим работы — автоматический. Внедрение процесса позволило повысить качество отливок, получить экономию 426 т дорогостоящей оловянистой бронзы ОЦСН-3-7-5-1 в год, снизить трудоемкость на 110 тыс. чел.-ч, повысить культуру производства. Экономический эффект — 295 тыс. руб. в год.

За разработку универсального станка с гидрораздатчиками ЭЦ-2168 золотой медалью награжден заместитель главного конструктора В. Г. Разуваев, серебряными медалями — начальники бюро А. Н. Водопьянов и Ш. Я. Коган, бронзовыми — инженеры-конструкторы

В. Я. Шрамко и Н. П. Адушев, слесари В. В. Бочнев и А. И. Кожевников. Стенд предназначен для испытания агрегатов и отдельных деталей автомобиля на усталостную прочность и долговечность. Его применение позволило резко сократить время доводки образцов новой техники, получить конструкцию деталей и узлов заданной долговечности и оптимальной металлоемкости. Годовой экономический эффект — 107 тыс. руб. Стенд защищен авторским свидетельством на изобретение.

За разработку и внедрение в производство автоматической печи ГАЗ-П-088 серебряной медалью награжден начальник бюро Р. Б. Сычев, бронзовыми медалями — энергетик Ф. М. Кульмяничев, слесарь И. Ф. Волков, инженер-конструктор Г. А. Рычков, старший мастер Н. А. Усанов, заместитель начальника цеха А. К. Чичагов. Печь предназначена для превращения белого чугуна в ферритный ковкий чугун. Процесс — непрерывный, с циклом отжига 21,3 ч, что достигается за счет сокращения времени нагрева и точности температурного режима. Отжиг литья происходит в среде инертного газа (азот), вырабатываемого в отдельном агрегате. Производительность печи 1 т/ч. Она — двухрядная, по 33 поддона в каждом ряду, размер поддона 762×762 мм, высота загрузки 610 мм.

Внедрение печи позволило повысить производительность труда в 1,5 раза, исключить очистку и правку отливок после отжига, снизить на 20% брак литья, повысить культуру производства и улучшить условия труда. Головой

экономический эффект — 100 тыс. руб. За разработку метода холодной объемной высадки пальцев крепления амортизаторов серебряной медалью награжден главный технолог В. А. Тараскин, бронзовыми медалями — строгальщик В. А. Баранов и начальник цеха М. А. Надеждин.

Пальцы крепления амортизаторов изготавливаются на четырехпозиционном высадочном автомате вместо их механической обработки на токарных станках. При этом повысился с 0,55 до 0,95 коэффициент использования металла, увеличилась в 2,5 раза производительность труда, снизилась на 18 тыс. нормо-ч трудоемкость, получена экономия 321,5 т черного проката. Годовой экономический эффект — 89 тыс. руб.

За разработку и внедрение в производство метода холодного выдавливания из отходов производства фланцев сливной пробки бензинового бака серебряной медалью награжден начальник лаборатории Н. И. Сухаревский, бронзовыми — начальник технического бюро В. В. Жиделев и заместитель начальника ЦЗЛ А. Ф. Соленов. Фланец изготавливается объемной штамповкой взамен точения. Обработка производится на четырехпозиционном последовательном штампе с грейферной подачей заготовок. Внедрение метода позволило снизить расход черного проката на 108 т в год, повысить в 1,5 раза производительность труда.

За разработку и внедрение в производство процесса нарезания эвольвентных шлицев твердосплавными фрезами методом радиального врезания в автоматическом цикле серебряной медалью награжден начальник лаборатории А. Б. Хохряков, бронзовыми медалями — заместитель начальника ЦЗЛ В. В. Беляков, заместитель главного инженера П. М. Зевин.

Процесс осуществляется на зубофрезерном станке-автомате МС 3141 твердосплавной фрезой. Отличительной особенностью процесса является то, что обработка осуществляется при радиальном врезании инструмента в деталь без осевого перемещения изделия. Произво-

дительность автомата — 120 дет./ч, стойкость инструмента 50 тыс. деталей, скорость резания 170 м/мин, подача 2 мм/об. Можно обрабатывать шлишевые венцы шириной до 4 мм. Годовой экономический эффект — 30 тыс. руб.

За разработку, изготовление и внедрение устройства для одновременного полирования галтелей и суперфиниширования шеек коленчатых валов серебряной медалью награжден начальник управления А. И. Смирнов, бронзовыми — инженер-технолог А. И. Ананьев, инженер-исследователь А. З. Ахмедзянов, начальник ЦЗЛ В. П. Губчевский. Это устройство встраивается в отечественные суперфинишные станки мод. 3875. В отличие от аналогов, в существующих на этих станках плавающих многобрусковых инструментальных головках держатель одного из инструментов заменен устройством для полирования галтелей. Производительность — 60 шт./ч, экономический эффект — 167 тыс. руб. в год. Устройство защищено авторским свидетельством на изобретение.

За разработку и внедрение в производство автомата для полирования радиусных фасок поршневых колец серебряной медалью награжден заместитель начальника ЦЗЛ Е. П. Егоров, бронзовыми медалями — слесарь Ю. М. Араев, начальник лаборатории В. П. Леонов, испытатель А. И. Косарев, инженер-технолог Т. В. Торгаев, специалисты НИИТавтопрома В. А. Филиппев, З. П. Волкова и А. Э. Исаков.

Автомат предназначен для одновременной зачистки и полирования двух радиусных фасок поршневых колец — как по чугуно, так и по хромированной поверхности. Производительность автомата 750 шт./ч, шероховатость обрабатываемой поверхности  $Ra=0,25$  мкм. В отличие от аналогов, в автомате используются гибкие шлифовальные круги, работающие с натягом и предотвращающие образование деформационного валика между кругом и обрабатываемой деталью. Экономический эффект — 67,8 тыс. руб. в год. Автомат защищен

авторским свидетельством на изобретение.

За разработку, изготовление и внедрение в производство тиристорного регулятора времени РВТ П-78 серебряными медалями награждены начальник цеха Б. И. Кессельман, начальник бюро Л. И. Крайнов и старший инженер С. А. Лашманов.

Регулятор предназначен для автоматического управления контактными сварочными машинами, работающими по сложному сварочному циклу. В отличие от аналогов, он может регулировать сварочный ток до полнофазного значения и, кроме того, обеспечивает стабилизацию среднего значения напряжения на первичной обмотке сварочного трансформатора в пределах  $\pm 2\%$  при колебаниях напряжения сети  $\pm 15\%$ . Годовой экономический эффект — 30 тыс. руб.

За разработку и внедрение в производство червячной фрезы с твердосплавными рейками бронзовыми медалями награждены начальники лабораторий И. А. Гушин и А. В. Савельев. Фреза предназначена для нарезания зубьев цилиндрических шестерен в автоматическом цикле. Ее параметры: модуль 2,54 мм, наружный диаметр 125 мм, число прямых канавок 12, число заходов 1, скорость резания 157 м/мин, подача 2,8 мм/об. Внедрение инструмента экономит быстрорежущую сталь и дает годовой экономический эффект в сумме 28 тыс. руб.

За разработку и внедрение червячных твердосплавных двухвитковых фрез, предназначенных для нарезания зубьев шестерен винтовой передачи из отбеленного чугуна, бронзовыми медалями награждены наладчик М. Б. Новиков и начальник бюро К. Е. Ломакин. Параметры фрезы: модуль 2,117 мм, нормальный шаг 2,6512 мм, угол профиля  $14^{\circ}30'$ , диаметр средней окружности 31,40 мм, число прямых канавок 10, скорость резания 45 м/мин, подача на зуб 0,02 мм. С внедрением новых фрез производительность труда повысилась в 1,8 раза.

В. Б. ПАУТОВА

## НОВЫЕ НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 006:669.55

### ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ НА ЦИНКОВЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ СПЛАВЫ

С 1 ЯНВАРЯ 1983 г. вступает в действие разработанный Научно-исследовательским институтом тракторных материалов совместно с Ленинградским политехническим институтом им. М. И. Калинина ГОСТ 25140—82 «Сплавы цинковые литейные. Марки», который создан на основе стандарта СЭВ 1258—78 того же названия и соответствует ему по маркам цинковых литейных сплавов в отливках, за исключением антифрикционных сплавов. (На антифрикционные сплавы разработан ГОСТ 21437—75 «Сплавы цинковые антифрикционные. Марки, технические требования и методы испытания»).

Новый стандарт устанавливает десять марок цинковых литейных сплавов в отливках и требования к их химическому составу. В него включены три груп-

пы цинковых литейных сплавов: сплавы состава цинк — алюминий (ZnAl4A; ЦА4о; ЦА4), и две группы сплавов состава цинк — алюминий — медь, различающиеся содержанием меди (ZnAl4Cu1A; ЦА4M1о; ЦА4M1; ЦА4M1b, ZnAl4Cu3A; ЦА4M3о; ЦА4M3). Каждая группа содержит три — четыре марки, отличающиеся в основном допустимым содержанием примесей. Такой набор внутри одной группы даст возможность экономнее расходовать сплавы высокой чистоты, использовать их только там, где без них действительно не обойтись. В частности, для деталей ответственного назначения и работающих в сложных эксплуатационных условиях применять сплавы с меньшим количеством примесей, для других деталей — с большим их количеством.

Детали из сплавов нового ГОСТ

25140—82 можно получать методами литья под давлением, в кокиль, песчаные формы.

В справочных приложениях к новому стандарту приведены физические характеристики, минимальные механические свойства цинковых сплавов, а также рекомендации по их применению. Пока эти приложения, в частности, приложение по механическим свойствам, являются справочными и предназначены главным образом для сбора статистических данных на предприятиях, изготовляющих отливки из цинковых сплавов. При последующем пересмотре ГОСТ 25140—82 выполнение требований к механическим свойствам цинковых сплавов будет обязательным — таким же, как требований к химическому составу.

Л. М. ГУРОВА, В. М. ЖАРОВ

## ПРЕССЫ, АВТОМАТЫ, СТАНКИ

**А**втоматический комплекс мод. АС 5108 для штамповки изделий из ленты (рис. 1) состоит из рулонницы мод. АС 5356, листопрямительной машины мод. АС 5312, пресса мод. АС 5107 с валковой подачей, ножиц для резки отходов мод. АС 5330.

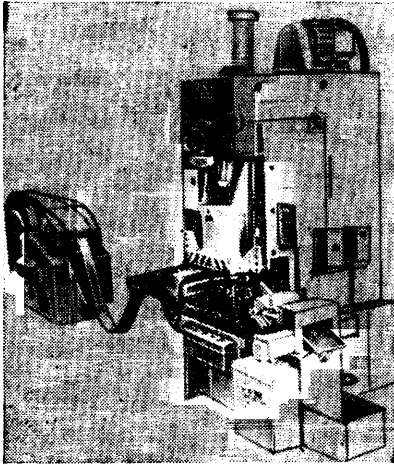


Рис. 1

Пресс — однокривошипный, открытый, простого действия, с валом, перпендикулярным фронту, снабжен уравновешивателем ползуна, пневмогидравлическим предохранителем от перегрузок, а также устройством для подключения пневмосдува. На прессе установлены жестко облокированные пневмофрикционные муфта и тормоз. Привод пресса обеспечивает плавное регулирование числа ходов. Зубчатая пара находится в масляной ванне. По требованию заказчика пресс может быть оснащен пневмоподушкой.

### Техническая характеристика комплекса

Номинальное усилие, кН	1000
Ход ползуна, мм	170
Число ходов ползуна в минуту	35—65
Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении, мм	450
Регулируемое расстояние между столом и ползуном, мм	75
Размеры, мм:	
стола	1060×450
ползуна	600×450
Толщина подштамповой плиты, мм	100
Ширина рулона, мм	до 400
Диаметр раздвижного барабана рулонницы, мм	450—520
Ширина ленты, мм	200—300
Толщина ленты, мм	0,3—3,2
Мощность электродвигателя, кВт:	
пресса	7,5
листопрямительной машины	3,7
Габаритные размеры пресса, мм	1210×1920×3650
Масса пресса, кг	10000
Общая масса комплекса, кг	12870

Разработчик и изготовитель — ГАЗ. Однокривошипный пресс мод. АС 5100 (рис. 2) простого действия усилием 4000 кН предназначен для изготовления деталей из черных и цветных сплавов методом холодного выдавливания.

Станина пресса-цельносварная, повышенной жесткости, привод — трехступенчатый. От электродвигателя через клиноремennую передачу вращение передается на промежуточный вал, затем через зубчатую передачу на эксцентрик и через шатун на коленно-рычажный механизм, имеющий эксцентриковую опору, которая позволяет регулировать закрытую высоту. Регулирование осуществляется от индивидуального электродвигателя через двухступенчатый червячный редуктор. Ползун перемещается в мощных удлиненных направляющих станины, повышающих точность его движения по сравнению с обычными прессами.

Пресс оснащен механическим выталкивателем для удаления детали из нижней половины штампа, валом отбора мощности для привода средств механизации, механизмом выдвижения подштамповой плиты для облегчения смены штампов, пневматическими уравновешивателями, указателем усилий, выполняющим также функции предохранителя от перегрузки и счетчика числа нагружения пресса, средствами автоматизации. Пресс может быть встроен в автоматическую линию.

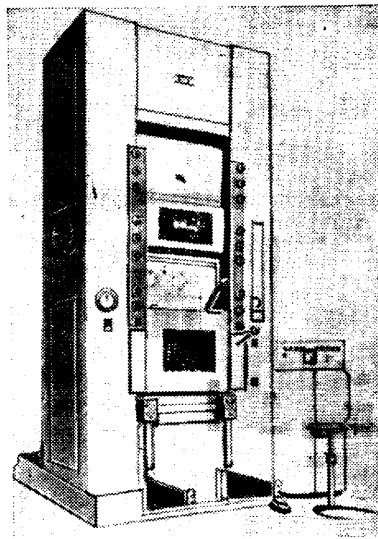


Рис. 2

### Техническая характеристика пресса

Номинальное усилие, кН	4000
Ход ползуна, мм	240
Число ходов ползуна в минуту	25
Допустимое число включений в минуту	16
Максимальное расстояние между столом и ползуном в нижнем положении, мм	750
Размеры стола, мм	1000×1250
Толщина подштамповой плиты, мм	160
Ход выталкивателя, мм:	
верхнего	16
нижнего	140
Усилие выталкивателя, кН:	
верхнего	160
нижнего	500
Мощность электродвигателя, кВт	58
Габаритные размеры пресса, мм	2260×2500×4365
Масса, кг	36500

Разработчик — ГАЗ, изготовитель — Саранский завод технологического оборудования.

Однокривошипный открытый пресс мод. АС 4950 (рис. 3) простого действия усилием 1000 кН предназначен для выполнения различных операций холодной штамповки: вырубки, гибки, пробивки, обрезки, неглубокой вытяжки, просечки и т. д.

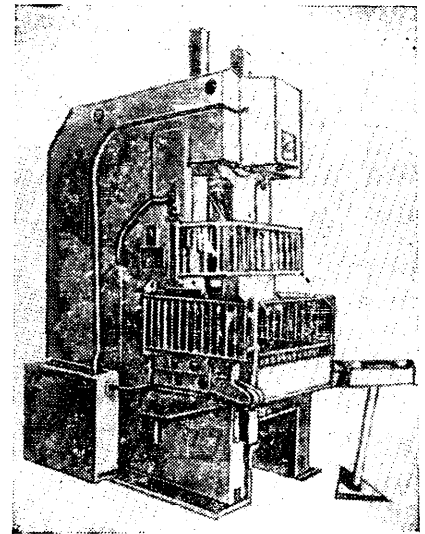


Рис. 3

Пресс может работать в режиме однокривошипных ходов при получении деталей из ступенчатых заготовок и в автоматическом режиме при штамповке деталей из ленточного рулонного материала. Во втором случае пресс оснащается средствами автоматизации.

В цельносварной станине пресса расположены клиноремennая передача, приемный вал с жесткооблокированной муфтой-тормозом, шестеренчатый привод, эксцентриковый вал с шатуном, два пневматических уравновешивателя для уравновешивания ползуна с верхней половиной штампа.

Пресс оснащен пневматической подушкой, обеспечивающей необходимое противодавление при штамповке, предохранительными и блокирующими устройствами для надежной и безопасной работы пресса.

### Техническая характеристика пресса

Номинальное усилие, кН	1000
Ход ползуна, мм	130
Число ходов ползуна в минуту	80
Максимальное расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении, мм	400
Размеры стола, мм	630×950
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	15,5
Габаритные размеры, мм	1200×2000×3160
Масса, кг	9500

Разработчик — ГАЗ, изготовитель — Саранский завод технологического оборудования.

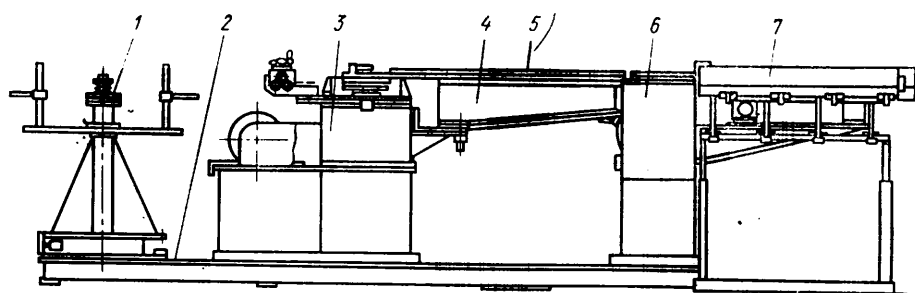


Рис. 4

Автомат мод. АС 3770 (рис. 4) предназначен для изготовления змеевидных пружин из проволоки диаметром 2—4 мм с числом витков от 14 до 40 и состоит из рулонницы 1, сварной рамы 2, установок для гибки 3 и рубки 6 пружин, механизма 4 передачи, направляющего лотка 5, устройства 7 для укладки готовых пружин.

**Техническая характеристика автомата**

Производительность (длина готовой пружины), м/мин . . . . .	24
Частота вращения гибочных дисков, мин <sup>-1</sup> . . . . .	20
Число гибочных рычагов . . . . .	24
Точность отрубаемой пружины по длине, мм . . . . .	±1
Габаритные размеры автомата, мм . . . . .	5000×1350×1200

Разработчик и изготовитель — ГАЗ.

Станок (рис. 5) для испытания и шлифования тормозных колодок предназначен для контроля клеевого соединения тормозных колодок с фрикционными накладками и их последующего шлифования по наружной цилиндрической поверхности.

Станок имеет станину, редуктор с приводом от электродвигателя, опорную плиту, два поворотных стола, приспособление для фиксации тормозных колодок, испытательную головку с приводом от гидроцилиндра, две шлифовальные головки, устройство для механического зажима деталей и механизм нагружения.

Станок позволяет испытывать и шлифовать любые тормозные колодки различных размеров при применении в каждом конкретном случае соответствующей оснастки.

**Техническая характеристика станка**

Производительность, шт/ч . . . . .	300
Частота вращения, мин <sup>-1</sup> : головки . . . . .	3400
поворотного стола . . . . .	8
Мощность электродвигателя шлифовальной головки, кВт . . . . .	5,5

Общая мощность станка, кВт . . . . .	10
Габаритные размеры, мм . . . . .	1520×1860×2450
Масса, кг . . . . .	5000

Разработчик и изготовитель — ГАЗ.  
Стенд (рис. 6) предназначен для лабораторных испытаний дифференциалов заднего моста на износ и задир.

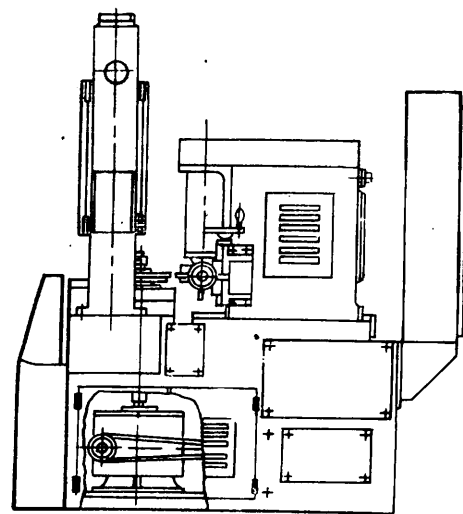


Рис. 6

На стенде предусмотрен контроль температуры масла в картере приспособления, охлаждаемого водяным душем.

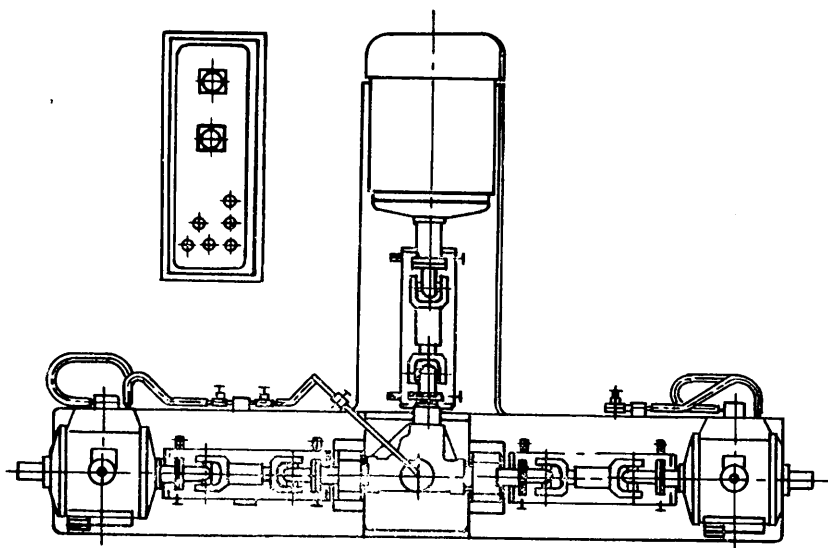


Рис. 6

На станине стенда установлен электродвигатель, связанный карданной передачей с фланцем ведущей шестерни приспособления, представляющего собой технологический задний мост, в котором монтируется испытываемый дифференциал в комплекте с ведущей и ведомой шестернями. Полуоси приспособления связаны карданными передачами с электромагнитными порошковыми нагрузочными тормозами типа ПТ-40М.

**Техническая характеристика стенда**

Частота вращения, мин <sup>-1</sup> . . . . .	980
Наибольший тормозной момент, кН·м . . . . .	4000
Мощность, кВт . . . . .	30
Габаритные размеры стенда, мм . . . . .	2725×1740

Разработчик и изготовитель — ГАЗ.

Канд. техн. наук В. Ф. РЖЕВСКИЙ,  
А. З. БРОДСКИЙ

Автомобильная промышленность, № 10, 1982 г.

**Уважаемые читатели!**

не забудьте своевременно оформить подписку на журнал  
«АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»  
на 1983 г.

ЖУРНАЛ РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ ТОЛЬКО ПО ПОДПИСКЕ.

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

## МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ПОДАЮЩИЙ МЕХАНИЗМ ПОЛУАВТОМАТА ПДПГ-500

НА МЫТИЩИНСКОМ машиностроительном заводе широко используется полуавтоматическая и автоматическая сварка проволокой СВ-08Г2С диаметром 1,6 мм в углекислом газе. В серийном производстве автомобилей-самосвалов наибольшее применение в свое время получил сварочный полуавтомат мод. ПДПГ-500. Однако в связи с прекращением серийного выпуска этих

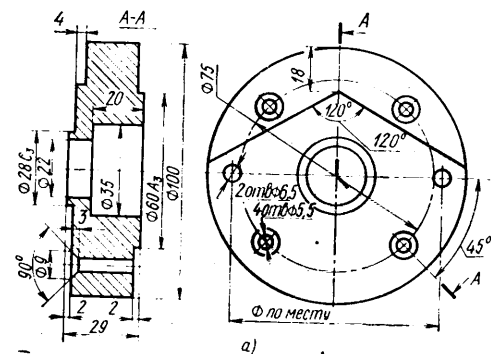
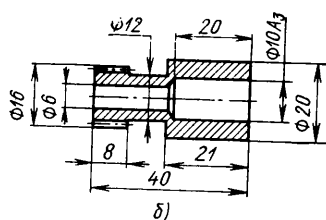


Рис. 1

полуавтоматов и отсутствием специализированных электродвигателей постоянного тока ПСЛ-041 (40 Вт, 48 В, 6000 мин<sup>-1</sup>), используемых в подающих механизмах, часть вышедших из строя полуавтоматов отремонтровать не удавалось. Поэтому было решено модернизировать их и применить для автоматической сварки серийных изделий с кольцевыми швами. Возможность такой модернизации заключалась в следующем.

Автоматическая сварка кольцевых швов выполнялась на одном режиме, следовательно, для привода подающего механизма вместо двигателя ПСЛ-041 применяли недефицитный двигатель переменного тока АОЛ11-4 (80 Вт, 36 В, 1390 мин<sup>-1</sup>). Двигатель крепили к корпусу подающего механизма через переходник (рис. 1, а). На его вал устанавливали прямозубую цилиндрическую шестерню ( $z=18$ ,  $m=0,8$ ), аналогичную применяемой ранее, но с другими посадочными размерами (рис. 1, б). Для



получения необходимой скорости подачи электродной проволоки были также рассчитаны и изготовлены новые сменные шестерни.

Сравнительно простая электрическая схема (рис. 2) обеспечивает постоянство вылета электродной проволоки благодаря применению электродинамического торможения асинхронного двигателя путем подачи постоянного тока на его обмотки. Источниками постоянного

тока являются конденсаторы  $C1$  и  $C2$ , заряжаемые во время работы подающего механизма через диоды  $V1$  и  $V2$ . При размыкании контактов кнопки  $S1$

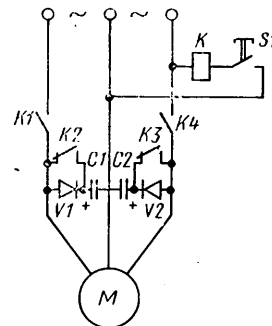


Рис. 2

реле  $K$  обесточивается, одна пара его контактов отключает электродвигатель от сети питания, а другая — шунтирует диоды. Конденсаторы разряжаются на обмотки двигателя, и он резко тормозится. Движение проволоки и образованные дуги прекращаются.

Производственные испытания показали надежность работы модернизированного автомата и высокое качество изготавливаемых при его помощи швов, а также то, что один такой автомат дает экономический эффект до 1400 руб. в год.

А. М. ОХОТСКИЙ, Д. Н. ТОНЯЕВ,  
М. П. ДЕЙНЕКО, В. Я. ЛАВРИЦЕВ

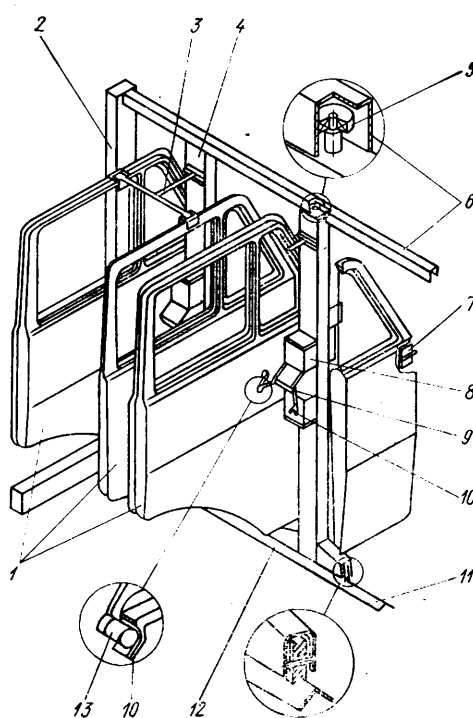
УДК 629.113.011.671.001.4:620.1.05

## СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СТЕКЛОПОДЪЕМНИКОВ

НА СТЕНДЕ (см. рисунок) двери 1 с испытываемыми стеклоподъемниками устанавливают на кронштейнах 7, закрепленных на стойках 4. Стойки имеют опорные 12 и направляющие 5 ролики, которые перекачиваются соответственно по нижней 11 и верхней 6 направляющим, прикрепленным к опорам 2 и вместе с опорами образуют раму стенда. На них установлены механизмы возвратно-вращательного движения 8 с двухсторонним выходом валов 9, на концах которых имеются вилки 10, приводящие в движение ручки стеклоподъемников 13. Взаимная фиксация дверей 1 и механизмов 8 обеспечивается поворотными рычагами 3, на концах которых имеются захваты.

Стеклоподъемники, подлежащие испытанию, устанавливают в дверях 1, затем двери закрепляют на кронштейнах 7 по обе стороны стоек 4 так, чтобы ручки стеклоподъемников 13 вошли в пазы вилок 10, сидящих на валах 9 приводных механизмов. Далее опускается рычаг 3, и дверь фиксируется в захватах.

Пневматическая схема стенда состоит из блока подготовки воздуха, электропневматических клапанов, вентиля, механизмов возвратно-вращательного движения, распределителей с ручным



управлением, пневмоцилиндров зажимных приспособлений.

Воздух из сети поступает в блок подготовки для очистки от механических примесей, влаги и масла. Затем он через электропневматический клапан поступает в левую или правую полость механизма возвратно-вращательного движения — в зависимости от положения золотника электропневматического клапана.

При одновременном испытании восьми механизмов стеклоподъемников электрическая схема стенда работает следующим образом. После нажатия кнопки «Пуск» загорается сигнальная лампа, включается реле, его контакты замыкаются и напряжение подается в цепь реле времени, электропневмоклапан и обмотку второго реле, установленного в цепях электроимпульсного счетчика и индикаторной лампы. Нормально разомкнутые контакты реле времени замыкаются, и реле начинает отсчитывать заданный интервал времени работы приводного механизма (он должен быть достаточным для перемещения стекла в нижнее положение). Одновременно открывается золотник электромагнитного клапана, воздух поступает в приводной механизм и стекла начинают опускаться. Счетчик не работает, инди-

каторная лампа не горит. После отключения реле времени электропневматический клапан обесточивается. Его золотник перемещается во второе крайнее положение, и стекла поднимаются. Второе реле обесточивается. Счетчик импульсов открывает счет. Индикаторная

лампа загорается в момент, когда все стекла достигают верхнего положения и замыкают микропереключатели. Начинается новый цикл.

Если число испытуемых стеклоподъемников менее восьми, микропереключа-

тели свободных секций необходимо замыкать вручную.

Габаритные размеры стенда 3750×1310×1760, пульты — 600×520×800 мм.

**Ю. И. ПОБЕЖИМОВ, Б. Г. РОХЛЕНКО**

КамАЗ

## НОВОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

УДК 347.772.3:629.114.6 Москвич-21406

### ЗНАК КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЯ «МОСКВИЧ-21406»

**В** СООТВЕТСТВИИ с решением Государственной аттестационной комиссии автомобилю «Москвич-21406» Автозавода им. Ленинского комсомола присвоен Государственный знак качества. Так высоко оценен автомобиль, предназначенный для эксплуатации в сельской местности и отдаленных районах страны, не имеющих развитой сети усовершенствованных дорог и станций технического обслуживания.

Решение Государственной аттестационной комиссии и отзывы потребителей свидетельствуют о том, что коллективу завода удалось улучшить и стабилизировать качество изготовления автомобиля, повысить его надежность, в том числе и за счет внедрения ряда новых конструкторских решений.

На автомобиле «Москвич-21406» установлен дефорсированный карбюраторный двигатель модели 412 ДЭ рабочим объемом 1480 см<sup>3</sup> (степень сжатия 7,2), работающий на низкооктановом бензине А-76. Двигатель развивает мощность 51,6 кВт при 5800 мин<sup>-1</sup> и крутящий момент 106 Н·м при 3400—3800 мин<sup>-1</sup>. Уменьшение степени форсирования двигателя и применение на нем модернизированной коробки передач и редуктора заднего моста позволило повысить надежность автомобиля, довести его ресурс до 150 тыс. км, увеличить гарантийные сроки до 18 месяцев.

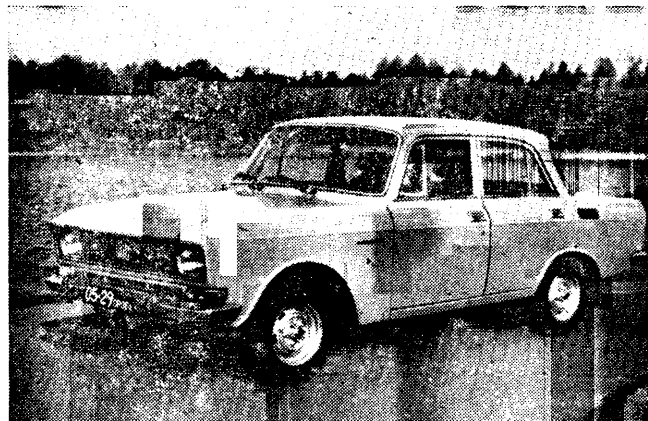
Для повышения проходимости на автомобиле установлены усиленные задняя и передняя подвески, увеличен дорожный просвет: под передней подвеской до 183 мм, под трубой глушителя в середине базы до 190 мм и под картером заднего моста до 180 мм. Картер двигателя и масляный фильтр имеют дополнительную защиту. Для этой же цели применены шины с расчлененным рисунком протектора. Барабанные тормозные механизмы имеют улучшенную грязезащиту и отдельный двухконтурный привод.

Автомобиль «Москвич-21406» комфортабелен, удобен в управлении, отвечает всем общеэропейским требованиям безопасности, предъявляемым к базовой модели. Обивка его салона, выполненная из моющихся синтетических материалов, позволяет быстро обслужить автомобиль после езды по грязным дорогам. Заднее стекло имеет электроподогрев, благодаря которому, а также модернизированному отопителю температуру в задней части салона удалось повысить на 15 К даже в зимнее время.

По основным своим техническим показателям автомобиль вполне соответствует зарубежным аналогам своего класса и назначения. Например, его максимальная скорость на высшей передаче с полной нагрузкой составляет не менее 130 км/ч. Применение карбюратора типа «Озон» и редуктора заднего моста с пониженным передаточным отношением (3,9) позволяет, несмотря на применение дефорсированного двигателя, снизить расходы топлива до 10% (при скорости 90 км/ч расход топлива не превышает 8,9 л/100 км). При этом автомобиль практически не утратил, по сравнению со своим предшественником, динамических качеств: время его разгона до скорости 100 км/ч с водителем и одним пассажиром составляет 21 с.

Отличительная особенность нового автомобиля — стабильность качества. Она обеспечивается за счет внедрения передовых технологических процессов, методов и приемов труда и совершенствования системы контроля. Например, на заводе в настоящее время применяют новые технологические процессы изготовления деталей из пенополиуретана для салона, высокочастотные сварочные установки для изготовления обивки, грунт на поверхность кузова наносится методом электрофореза, а лакокрасочные покрытия — в электростатическом поле.

В прессовом производстве на прессах-автоматах изготавливают детали более 350 наименований; широко применяют многопозиционную штамповку; внедрена автоматическая линия штамповки ряда лицевых панелей кузова. В сборочно-кузовном производстве внедрены автоматические линии сборки колес, автомат для приклейки деталей шумоизоляции к крыше кузова, механизированные линии сборки кузова с агрегатами шасси и др.; в механосборочном — скоростное шлифование деталей, новые методы упрочнения и повышения стойкости режущего инструмента; освоены ударно-конденсаторная сварка, механизированная печная пайка твердым припоем и сварка ковровой вставки в панелях обивки дверей на установках ТВЧ. Разработана и действует очень четкая система контроля



за соблюдением технологических процессов. В нее входят технологи участков совместно с контрольными и производственными мастерами, бюро управления контроля качества проверки технологических процессов, рабочие аттестационных комиссий, отдел стандартизации завода. Результатом внедрения системы стало резкое уменьшение рекламаций потребителей, и, как следствие, повышенный спрос населения на автомобиль «Москвич-21406».

**К. Ю. СЫТИН, В. И. ГРЫМОВ**

УДК 629.114.4.013.5

### НОВОЕ БУФЕРНОЕ УСТРОЙСТВО ТЯГОВО-СЦЕПНОГО МЕХАНИЗМА АВТОМОБИЛЯ ГАЗ-53А

**М**НОГИЕ исследователи, а также специалисты-ремонтники считают, что примерно 10% повреждений рамы грузового автомобиля, применяемого в качестве тягача, приходится на повреждения мест крепления тягово-сцепного механизма. Причину этого видят в том, что во всех существующих механизмах

гашение колебаний, т. е. ограничение тяговой силы на крюке, осуществляется только за счет сил трения между упругим элементом и поверхностью цилиндра (корпуса буферного устройства). Величина этих сил практически не зависит от скорости изменения активной нагрузки, поэтому при ударных нагрузках на

крюк возникающие колебания не успевают гаситься в пределах небольшой ( $\approx 20$  мм) деформации упругого элемента. В результате — перегрузки тягово-сцепного механизма и элементов его крепления к раме автомобиля. Чтобы не допустить их разрушения, приходится предусматривать значительный

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

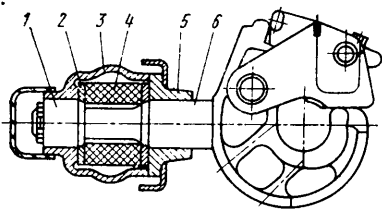
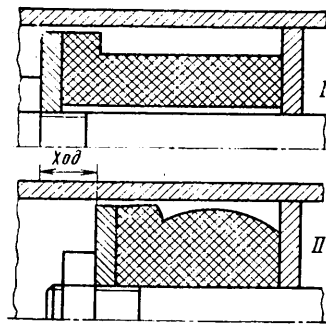


Рис. 1. Новое буферное устройство тягово-сцепного механизма автомобиля ГАЗ-53А: 1 — гайка; 2 — шайба; 3 — корпус; 4 — упругий элемент; 5 — кронштейн; 6 — тяговый крюк

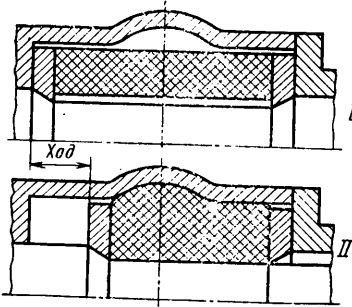
запас прочности, т. е. перетяжелить механизм.

Между тем есть и другой путь — увеличение нелинейности упругого элемента буферного устройства, демпфирование колебаний не только за счет сил сухого трения, но и других сил неупругого сопротивления. Этот путь и привел к созданию нового буферного устройства (рис. 1) для автомобиля ГАЗ-53А.

Как видно из рисунка, новое буферное устройство отличается от традиционных форм своего корпуса: он выполнен выпуклым в своей средней части. Если раньше упругий элемент, деформируясь (рис. 2, а), образовывал на внешней поверхности выпуклость, которая не касалась внутренней поверхности корпуса (или касалась узкой полоской), то здесь (рис. 2, б) наиболее напряженная (средняя) часть упругого элемента заполняет кольцевую выемку в средней части корпуса. Силы неупругого сопротивления, следовательно, боль-



а)



б)

Рис. 2. Схема работы буферного устройства: а — с цилиндрическим корпусом; б — с выпуклым в средней части корпусом; I — исходное положение элементов конструкции; II — положение при сжатом демпфирующем элементе

ше, а значит, выше и эффективность гашения колебаний.

Новая форма корпуса устройства демпфирования снижает не только парциальные частоты собственных колебаний звена автопоезда, но и сближает их, что уменьшает ускорения, возникающие в звеньях автопоезда при его движении по неровной дороге, и приближает эти колебания к периодическим, а не гармоническим с увеличивающейся регулярностью колебаний. И то и другое ведет к увеличению плавности хода автопоезда и снижению вероятности пробоя буферного устройства. И еще одно: выпуклая кольцевая полость корпуса увеличивает вязкое трение за счет перетекания резины, в результате чего более эффективно гасятся наиболее опасные колебания — с большой амплитудой, а более стабильная в этом случае величина сухого трения позволяет гасить колебания с малой амплитудой.

Расчетом и экспериментально была проверена зависимость эффективности нового демпфирующего устройства от изменения положения выпуклости корпуса по его длине. При этом выяснилось, что смещение выпуклой кольцевой полости в направлении кронштейна 5 (см. рис. 1) делает устройство наиболее эффективным именно для самых характерных режимов движения автопоезда.

Новое буферное устройство дает значительную экономию материалов: проката — около 300, литья — более 100 и натурального каучука — более 35 т в год.

**В. Б. ЧЕРКУНОВ, А. Е. ТАТАРЧЕНКО**  
Горьковский автозавод

## АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ ЗА РУБЕЖОМ

УДК 629.113—034.715:629.114.4

### АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ В КОНСТРУКЦИИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

**Ш**ИРОКОЕ применение алюминия и его сплавов в автомобилестроении обусловлено их высокой прочностью, хорошими антикоррозионными свойствами, простотой ухода за изделиями (для очистки алюминиевой поверхности достаточно промыть ее сильной струей воды) и т. д. Большое преимущество сплавов алюминия по сравнению со сталью состоит в том, что на их формование расходуется относительно небольшое количество энергии, и многие отформованные детали не требуют окончательной механической обработки. Но главное достоинство алюминия и его сплавов — значительно меньшая, чем у стали, удельная масса.

Исследования показали, например, что применение 1 кг алюминия вместо наиболее распространенных черных металлов может снизить массу автомобиля на 2,2 кг, в том числе 1,51 кг — прямая экономия и 0,69 кг — косвенная (изменение всей конструкции автомобиля). Значит, это приведет и к экономии топлива. Например, специалисты ФРГ подсчитали, что за счет алюминиевых сплавов в автомобилях, эксплуатирующихся в этой стране, ежегодная экономия топлива составляет около 800 тыс. т.

Перечисляемыми выше качествами алюминия и его сплавов и объясняется тот факт, что автомобилестроение капиталистических стран потребляет сейчас 12,4 млн. т алюминия в год. Ожидается, что к 1985 г. его годовое потребление

достигнет 16 млн. т. Например, французские автомобилестроительные фирмы в настоящее время используют около 140 тыс. т алюминия в год (к 1985 г. — 180 тыс. т). В Японии за период 1973—79 гг. рост его потребления в 2 раза превышает темпы роста производства автомобилей (соответственно 46 и 23%).

Кроме традиционных способов соединения (сварка, клепка, на болтах, склеивание), применяется соединение листа и профиля. Такой кузов по стоимости, например, приближается к стоимости стального, а по массе он значительно меньше. Так, фирма Аллюсойс (Швейцария) создала грузовой автомобиль

(рис. 1), собственная масса которого благодаря применению алюминиевых сплавов оказалась на 0,7 т меньше, чем масса исходной модели.

Фирма Беналу (Франция) выпустила трехосный полуприцеп-самосвал «Эльзас 105» для перевозки зерна (рис. 2), полностью изготовленный из алюминиевых сплавов. Длина его кузова 10980 мм, вместимость 48 м<sup>3</sup>, собственная масса полуприцепа — 5350, полная масса автопоезда — 32000 кг. Двухосный полуприцеп-самосвал этой фирмы также имеет кузов, изготовленный из алюминиевого сплава, собственная масса которого 5000 кг.

Отделение Трейлер фирмы Бад (США) выпустило серию полуприцепов-фургонов с алюминиевой обшивкой, которые при длине 13700 мм и габарит-

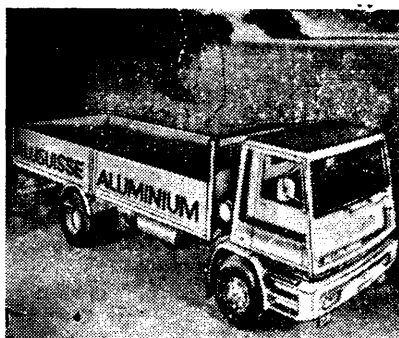


Рис. 1

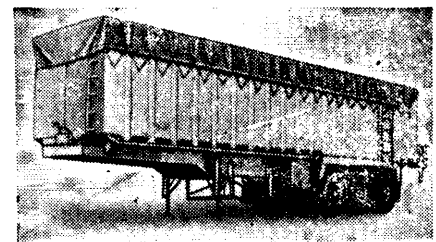


Рис. 2

ной высоте 4100 мм на 344 кг легче, чем аналогичные полуприцепы со стальной обшивкой. Передние и боковые панели фургонов выполнены из высокопрочного алюминиевого сплава марки 5182—H291. Толщина листа 1,02 мм вместо применявшейся ранее 1,27 мм. Такая замена стала возможной благодаря повышению прочности материала на 45% и привела к повышению прочности обшивки на 25%.

Американские фирмы Траксмор Индастриз и Рейнольдс Металс, выпускающие специализированный автотранспорт, совместно создали экспериментальный алюминиевый кузов мусоровоза вместимостью 17,6 м<sup>3</sup>. Масса этого мусоровоза — 1430 кг, что на 1700—1800 кг, меньше, чем обычного. Ожидается, что алюминиевый кузов обеспечит не только прямую (снижение расхода топлива на километр пробега автомобиля), но и косвенную экономию энергетических затрат.

Грузовые автомобили «Кёрбмастер», «Кэбмастер» и «Кербетт» фирмы Грамэн Олсон (США) оборудованы кузовами, выполненными из алюминия, и вследствие этого отличающиеся очень малой собственной массой, высокой прочностью кузова, экономичностью в эксплуатации. Кузова-фургоны обшиты механически упрочненным (наклеп) алюминиевым листом; их задние двери, тоже алюминиевые, с усилительными элементами, алюминий облицован и потолок кабины.

Фирма Кенворт, изготавливающая алюминиевые кабины, применяет примерно 900 кг алюминия на большегрузном автомобиле среднего размера. Помимо кабин, топливных баков, ящиков аккумуляторных батарей, бамперов, ступиц колес и поперечин, она выпускает также колеса и рамы, масса которых 454 кг, т. е. примерно в 2 раза ниже, чем стандартных стальных. У модели

«Транстар 11 Кабовер» фирмы Интернэшнл Харвестер благодаря применению стандартной цельноалюминиевой кабины снижены массы составило 517 кг. Кроме того, на ней планируется использовать алюминиевые передний бампер и мост, что позволит уменьшить их массу еще на 23 и 80 кг соответственно.

Американская фирма Фрейтлайнер также применяет на грузовых автомобилях алюминиевую кабину, облицовку радиатора, раму, топливный бак, колеса, ступицы, бамперы и детали подвески заднего моста.

Массовому применению алюминия в кузовостроении препятствует, как известно, ряд факторов, первый из которых — сложность процесса сварки: для разрушения слоя окиси алюминия на поверхности листа требуется электрический ток, в несколько раз превышающий ток при сварке стальных листов. И тем не менее, при сборке грузовых автомобилей модели «Роуд Командер 2» фирмы Уайт Мотор (США) применяется точечная сварка алюминиевых кабин (с последующей герметизацией специальным составом).

Уже упоминавшаяся французская фирма Бенало не только выпустила алюминиевый полуприцеп, но и освоила производство алюминиевых рам для других моделей полуприцепов. Рама для грузового автомобиля создана также компаниями Дженерал Моторс и Рейнольдз Металз. Лонжероны рамы изогнуты и имеют форму швеллера, но их соединения с поперечинами осуществляются не сваркой, а при помощи алюминиевых заклепок. Толщина стенки 5 мм (у рамы из стали — 3,7 мм). Материал лонжеронов — сплав алюминия с магнием и марганцем, поперечин — с цинком и магнием. Испытания показали, что рама в процессе эксплуатации разрушается в местах крепления кронштейнов подвески, амортизаторов,

рулевого управления. Поэтому толщину ее стенки в местах крепления перечисленных элементов пришлось увеличить (при увеличении толщины стенки на 5,4% изгибные напряжения уменьшились на 10%).

Алюминий предполагается применять даже для таких термонапряженных деталей, как выпускная труба глушителя. Считается, что ее масса (автомобиль малой грузоподъемности) будет меньше на 2,3 кг.

Шведские автомобилестроительные фирмы также расширяют применение алюминия в конструкции грузовых автомобилей. Из его сплавов выполняются топливные баки, кожухи вентиляторов, противозащитные солнечные козырьки, крыши кузовов. Ведутся работы по созданию рам сидений, поперечных балок, стабилизаторов поперечной устойчивости, решеток радиаторов, опорных кронштейнов двигателей и т. д.

Для автомобилей большой грузоподъемности фирмы Волво из алюминиевого сплава изготавливаются также топливные баки, масса которых по сравнению со стальными снижена на 50%. Снижения затрат, связанных с использованием относительно большого количества исходного материала, добиваются за счет применения при производстве данных изделий полуавтоматической линии.

В ФРГ широкое распространение получили выполненные из алюминия масляные и водяные радиаторы двигателей внутреннего сгорания, маслоохладители коробок передач, агрегаты систем кондиционирования воздуха и т. д.

Таким образом, алюминиевые сплавы во всех странах становятся сейчас одними из важнейших конструктивных материалов в автомобилестроении.

И. А. БАЛАБАЕВА

## КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕЩАНИЯ, СЕМИНАРЫ

УДК 061.3:629.113.002:658

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ НАУКА — ПРОИЗВОДСТВУ

**В** ПОСТАНОВЛЕНИИ ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ «О дальнейшем улучшении экономического образования и воспитания трудящихся» экономическая подготовка рассматривается как важнейшее средство повышения квалификации участников общественного производства. И это понятно. Сейчас, когда на первый план выдвигаются экономические методы хозяйствования и научные методы планирования, каждому практическому работнику крайне необходимы глубокое знание механизма действия экономических законов и умение правильно применять их.

В решении данной задачи немаловажное значение для отрасли приобретает научные исследования, выполненные учеными вузов и отраслевых НИИ. Обсуждению результатов таких исследований коллектива кафедры «Экономка и организация машиностроительного производства» Московского автомобильного института и была посвящена читательская конференция, проходившая на Волжском автозаводе им. 50-летия СССР.

Кафедра представила на обсуждение конференции четыре работы: монографию д-ра экон. наук Б. В. Власова «Выбор рациональных форм организации производства» (М.: Машиностроение, 1980) и монографию кандидатов экон. наук Г. Б. Каца и А. П. Ковалева «Технико-экономический анализ и оптимизация конструкции машин» (М.: Машиностроение, 1981), учебники «Организация планирования и управления предприятиями автотракторостроения» (Под ред. Б. В. Власова и Г. Б. Каца. М.: Высшая школа, 1979) и «Экономка автомобильной промышленности и тракторостроения» (Под ред. Б. В. Власова и Г. Б. Каца. М.: Высшая школа, 1978).

В работе конференции приняли участие инженерно-технические и руководящие работники ВАЗа, ученые и преподаватели ряда вузов, представители издательств «Высшая школа» и «Машиностроение», редакция журнала «Автомобильная промышленность».

На конференции отмечалось, что в последние годы в трудах, посвященных массовому и крупносерийному производству, большое внимание уделяется проблеме выбора наиболее эффективных методов его организации, т. е. направлению, которое является, по существу, теоретическим обеспечением реализации Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г. «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы».

Все выступавшие подчеркивали: монография д-ра экон. наук Б. В. Власова, если ее рассматривать именно с таких позиций, особенно ценна содержащимся в ней анализом ряда действующих форм и методов организации производства, труда и управления производств различных типов (единичного, серийного, массового). Этим она выгодно отличается от многих работ, которые посвящены проблемам организации производства, труда и управления и в которых формы и методы организации рассматриваются как универсальные и увязываются преимущественно с отраслевой спецификацией. Б. В. Власов доказывает, что организация производства и труда зависит от типа производства, указывает на принципиальные отличия и особенности методов планирования, управления, нормирования и организации труда, организации вспомогательных служб и производств в условиях разных их типов, в том



числе в условиях автоматизированного поточно-массового производства.

Большое внимание уделяется автором проблеме организации ремонта и технического обслуживания технологического оборудования: обеспечению ремонтных организаций запасными частями, выбору организационных форм ремонта и технического обслуживания, а также основным факторам повышения его эффективности, в частности, в зависимости от специализации служб по ремонту. Б. В. Власов доказывает, что существующая в стране Единая система планово-предупредительного ремонта мало ориентирована на централизацию и специализацию ремонтных работ, а профилактические мероприятия, которые в ней предусмотрены, не учитывают действительного состояния технологического оборудования; слаба в ней и нормативная база.

При обсуждении этих вопросов участники конференции отмечали, что, исходя из опыта крупных машиностроительных объединений, действительно, нерационально назначать эмпирически жесткий график ремонтов технологического оборудования и затрачивать, зачастую непроизводительно, материалы и трудовые ресурсы. На конкретных примерах они показали, что Б. В. Власов прав, когда говорит: при существующей системе планово-предупредительного ремонта ремонтным воздействиям нередко подвергается исправное оборудование, а вышедшее из строя или работающее на пределе дождается ремонта в срок, по графикам ППР, что с экономической точки зрения неоправданно.

Участники конференции отметили также правоту автора и в том, что система планово-профилактического ремонта технологического оборудования на Волжском автозаводе им. 50-летия СССР во многом лишена недостатков традиционной системы планово-предупредительного ремонта. Например, имеет место постоянное корректирование графиков ремонта и технического обслуживания технологического оборудования с учетом статистики его отказов, а также данных приборной диагностики, хорошо отработана здесь система сбора информации о техническом состоянии всего станочного парка завода, управление ремонтом автоматизировано. Все это, в сочетании с инженерно-технической и технологической подготовкой ремонтного процесса, позволяет содержать в хорошем состоянии 25 тыс. единиц оборудования, работающего в жестком режиме массового производства.

Автор монографии не только констатирует сложность проблемы своевременного обеспечения ремонтов оборудования запасными частями (в ее решении участвуют заводы-изготовители технологического оборудования, специализированные заводы запасных частей, сами ремонтные службы), но и намечает пути для более успешного ее решения. В частности, за счет экономического стимулирования выпуска запасных частей к технологическому оборудованию именно специализированными заводами.

Своевременно ставится также вопрос коренного улучшения смазочного хозяйства машиностроительных заводов. На примере ряда заводов автор показывает, что только за счет организации четко функционирующей системы смазочного хозяйства предприятия затраты на ремонтнообслуживание технологического оборудования можно снизить на 20—25%.

Большой интерес представляет анализ форм организации труда и заработной платы на ВАЗе и сделанный на его основе вывод об экономической и производственной необходимости широкого распространения бригадной формы организации труда. Автор убедительно показывает, к примеру, что в условиях бригадной формы организации труда, которая преобладает на ВАЗе, появляется возможность успешно решать такую актуальную проблему, какой в условиях конвейерного массового производства является проблема профессионального продвижения рабочих. Именно бригадная форма труда обеспечивает каждому рабочему реальную перспективу повысить свою квалификацию, профессиональное мастерство, возможность перейти на новую более сложную и интересную работу, а также совмещать учебу в техникуме или вузе с работой, быть выдвинутым на инженерно-техническую и руководящую должность. Такую же высокую оценку в монографии получила применяемая на ВАЗе нормативно-сдельная система материального стимулирования и оплаты труда рабочих по ремонту и техническому обслуживанию технологического оборудования.

Участники конференции проявили также большой интерес к монографии Г. Б. Каца и А. П. Ковалева, в которой новая автомобильная техника рассматривается с позиции технико-экономического анализа, т. е. как с технической, так и с экономической точек зрения. Основу подхода составляет функционально-стоимостной анализ (ФСА), получающий все боль-

шее признание как у нас в стране, так и за рубежом. Однако, как отмечалось на конференции, до выхода монографии инженерных методик ФСА для вновь создаваемых конструкций автомобилей не было. Ценность монографии состоит именно в том, что относящиеся к данной проблеме вопросы освещены в ней с большой, достаточной для практики полнотой. На конференции подчеркивалось также, что ФСА является перспективным методом экономической оптимизации параметрических рядов новой техники, конструкции и технического их исполнения, сроков смены моделей в производстве.

В работе рассматриваются также важные вопросы, как основные тенденции научно-технического прогресса в области развития конструкции машин, необходимость перехода от конструирования отдельных машин к созданию систем машин, методы оценки затрат на новую технику и др.

Таким образом, монография Г. Б. Каца и А. П. Ковалева рассматривает, по существу, проблемы, связанные с совершенствованием системы управления научно-техническим прогрессом в автомобилестроении, т. е. находится в русле задач, поставленных в известном Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР, принятом 12 июля 1979 г.

Участники конференции были единодушны и в том, что хорошим дополнением к названым выше монографиям служат представленные на обсуждение учебники по экономике и организации автомобильного производства. Они полностью соответствуют типовым учебным программам ряда вузов, написаны на достаточно высоком научно-методическом уровне. Например, в учебнике «Экономика автомобильной промышленности и тракторостроения» подробно отражены этапы становления автомобильной и тракторной промышленности, перспективы развития автомобилестроения, рассмотрены основные экономические категории (цена, себестоимость, зарплата, методы хозяйствования, основы планирования, управления и т. д.). Его достоинство заключается в большом числе примеров, на которых в простой и доступной форме рассматриваются методы и приемы оценки эффективности — с учетом современных требований — мероприятий по новой технике, научно-технических и организационных решений — таких, как переход к производственным объединениям, ставшим основной формой организации производства в XI пятилетке.

С современных позиций рассмотрены в учебнике также материалы раздела «Развитие производительных сил: проблемы, особенности, размещение предприятий автотракторостроения». Должное внимание уделено экономико-математическим методам оптимизации производственных программ (в частности, симплекс-метод), примерам оценки экономической эффективности технических решений, например, расчетом себестоимости транспортной работы.

Положительно оценен всеми участниками конференции и учебник «Организация, планирование и управление предприятиями автотракторостроения» под редакцией профессора Б. В. Власова, предназначенный для студентов, специализирующихся в области автомобилей и двигателей внутреннего сгорания. Авторам при создании учебника удалось соблюсти два весьма важных принципа: обеспечить связь материала, изложенного в учебнике, с предстоящей будущим инженерам профессиональной деятельностью и доказать — на примере ВАЗа — важность использования передового практического опыта при решении организационно-экономических вопросов.

В целом мнение выступавших оказалось единым: в обоих учебниках, подготовленных коллективом ученых Московского автомеханического института, студенты могут найти ответы практически на все организационно-экономические вопросы, возникающие в процессе деятельности как инженера-конструктора, так и мастера.

Участники конференции особо подчеркивали, что общая направленность обсуждаемых четырех работ настолько актуальна для современного автомобильного и машиностроительного производства, что коллективу авторов следует продолжить исследование в этом направлении. Единодушным было и мнение о том, что издательству «Машиностроение» было бы целесообразно переиздать монографию Б. В. Власова о рациональных формах организации производства и монографию Г. Б. Каца и А. П. Ковалева о технико-экономическом анализе конструкций машин.

В заключение конференции авторы обсуждаемых работ ответили на вопросы участников, а также заверили, что все выказанные на конференции замечания и предложения позволят им в дальнейшем работать более целенаправленно, учитывать пожелания практических работников отрасли и потребности производства.

# СПИСОК

## книжных магазинов — опорных пунктов издательства «Машиностроение»

Издательство рекомендует всем специалистам,  
заинтересованным в приобретении литературы  
по машиностроению,  
обращаться в следующие книжные магазины:

### РСФСР

241000, Брянск, ул. Комсомольская, 12, магазин № 5  
400066, Волгоград, ул. Дзержинского, 5, магазин № 2  
«Машиностроение»  
603057, Горький, пр. Ленина, 3, магазин № 24 «Научно-техническая  
литература»  
191025, Ленинград, Пушкинская ул., 2, магазин № 5,  
«Техническая книга»  
103031, Москва, ул. Петровка, 15, магазин № 8 «Техника»  
614000, Пермь, Комсомольский пр., 51, магазин № 12  
«Научно-техническая литература»  
620014, Свердловск, ул. Малышева, 31, магазин № 8 «Техническая книга»  
445000, Тольятти, Куйбышевская обл., ул. Мира, 73, магазин № 1

### УКРАИНСКАЯ ССР

341000, Жданов, пр. Ленина, 23, магазин № 31  
252001, Киев, ул. Ленина, 39, магазин № 1 «Научно-техническая книга»  
343900, Краматорск, Донецкая обл., пр. Мира, 7, магазин № 240  
310012, Харьков, ул. Свердлова, 17, магазин № 1 «Научно-техническая  
литература»

### БЕЛОРУССКАЯ ССР

220005, Минск, пр. Ленина, 48, магазин № 13

### КАЗАХСКАЯ ССР

480000, Алма-Ата, ул. Гоголя, 109, магазин «Прогресс»  
470000, Караганда, ул. Нуркена Абдирова, 22, магазин «Знание»  
637000, Павлодар, ул. Ленина, 103, магазин № 1  
473000, Целиноград, ул. Мира, 52, магазин «Техническая книга»

### УЗБЕКСКАЯ ССР

700000, Ташкент, Привокзальная пл., 12, магазин № 4

Технический редактор *Е. П. Смирнова*

Корректор *А. М. Усачева*

Сдано в набор 05.08.82.  
Усл. печ. л. 5,0.

Уч.-изд. л. 7,78.

Подписано к печати 05.10.82.  
Формат 60×90<sup>1/8</sup>

Тираж 10078 экз.

Т-14708  
Зак. 345

Адрес редакции: 103012, Москва, К-12, пр. Сапунова, д. 13, 4-й этаж, комн. 424 и 427  
Тел.: 228-48-62 и 298-89-18

Подольский филиал ПО «Периодика» Союзполиграфпрома при Государственном Комитете СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли  
г. Подольск, ул. Кирова, 25

Вологодская областная универсальная научная библиотека  
www.booksite.ru

# УСЛУГИ СБЕРЕГАТЕЛЬНЫХ КАСС

Сберегательные кассы предоставляют гражданам возможность надежно, выгодно и удобно хранить свои сбережения и совершать расчетно-кассовые операции.

## Сберегательные кассы:

— принимают наличные деньги во вклады и выдают их по первому требованию вкладчиков. Получить вклад, можно не только в сберегательной кассе, где вы состоите вкладчиком, но и в центральной сберегательной кассе данного города или района, а пополнить его в любой сберкассе страны;

— производят зачисления на счета по вкладам перечисляемых предприятиями и организациями сумм из причитающихся трудящимся денежных доходов;

— производят по поручениям вкладчиков безналичные расчеты за квартиру, коммунальные и другие услуги как в разовом порядке, так и в течение продолжительного времени;

— переводят вклады из одних сберегательных касс в другие;

— выдают и оплачивают аккредитивы;

— продают и покупают облигации Государственного внутреннего выигрышного займа 1982 года;

— выплачивают выигрыши по облигациям государственных займов и лотерейным билетам;

— выдают расчетные чеки для расчетов населения с магазинами за приобретаемые промышленные товары стоимостью 200 руб. и выше.

**СБЕРЕГАТЕЛЬНЫЕ КАССЫ  
К ВАШИМ УСЛУГАМ!**

Правление Гострудсберкасс СССР

**Принимается подписка  
на новые книги  
издательства «Машиностроение»,  
выпускаемые в 1983 г.**

**Вернигор В. А., Солонский А. С. ПЕРЕХОДНЫЕ РЕЖИМЫ ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ.** 15 л., ил. 80 к. (III кв.).

Изложены методические основы исследования переходных режимов тракторных агрегатов с использованием математического моделирования на ЭВМ. Обоснованы динамические и математические модели различных тракторных агрегатов, алгоритмы расчета их переходных режимов. Приведены результаты исследований разгона трактора, переключения передач на ходу фрикционными муфтами в оптимальных режимах и динамических режимов трактора с гидромуфтой. Рассмотрены особенности экспериментального исследования переходных режимов и современные методы обработки их результатов.

Для инженерно-технических работников.

**Гуськов В. В., Опейко А. Ф. ТЕОРИЯ ПОВОРОТА ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН.** 15 л., ил. 2 р. 30 к. (II кв.).

Рассмотрен процесс взаимодействия движителя машины с грунтом при повороте. Установлены общие закономерности криволинейного движения, выявлены зависимости конструктивных и эксплуатационных факторов, определяющих характер движения машины при повороте. Приведены особенности поворота сочлененных гусеничных машин с регулируемым давлением движителя на грунт.

Для научных работников.

**ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОАПРЯЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ С. М. Шелков, В. В. Мирошников, Д. Л. Хак и др.** 12 л., ил. 65 к.

Рассмотрены математические модели поиска на ЭВМ оптимальных решений при проектировании и исследовании деталей цилиндро-поршневой группы, дан анализ эффективности различных методов. Значительное внимание уделено обоснованию критериев прочности деталей камеры сгорания, повышению надежности их работы, описанию универсальной математической модели теплового и термомеханического состояния деталей на основе метода конечных элементов.

Для инженерно-технических работников.

**Степанов А. П. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПЛАВАЮЩИХ МАШИН.** 16 л., ил. В пер.: 1 руб. (III кв.).

В книге рассмотрены схема процесса конструирования и общая компоновка плавающих машин — колесных и гусеничных машин, способных преодолевать вплавь водные преграды. Основное внимание уделено методике расчета основных водоходных качеств, устройств и систем, обеспечивающих работу машин в процессе преодоления водных преград.

Для инженерно-технических работников.

**Фурунжиев Р. И., Останин А. Н. УПРАВЛЕНИЕ КОЛЕБАНИЯМИ МНОГООПОРНЫХ МАШИН.** 18 л., ил. В пер.: 1 р. 30 к. (III кв.).

Рассмотрены математические модели многоопорных машин, моделирование систем управления, методы определения параметров состояния в задачах управления. Основное внимание уделено вопросам анализа и синтеза алгоритмов и систем управления с применением микропроцессоров и микро-ЭВМ в контуре управления. Приведено программное обеспечение задач проектирования в реальном времени.

Для инженерно-технических работников.

*Подписку на новые книги принимают магазины подписных изданий, отделы подписных изданий универсальных книжных магазинов, специализированные магазины технической литературы, а также магазины — опорные пункты издательства «Машиностроение».*

ВГО «СОЮЗКНИГА»