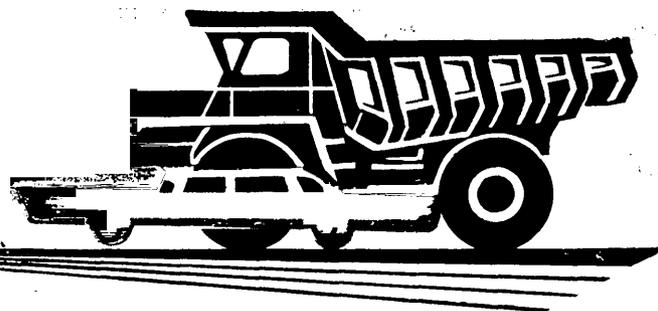


АВТОМОБИЛЬНАЯ

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

1981

10



СОДЕРЖАНИЕ

Б. М. Бандулет — Экономия металла в XI пятилетке: задачи и проблемы	1
ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА	
Р. Б. Ивуть, Г. И. Иванов, Н. Н. Пилипук — Система регламентированного технического обслуживания оборудования	4
ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ	
Н. С. ХАНИН — Перспективы повышения эффективного КПД двигателей	7
Б. А. Киселев, В. И. Ибрагимов, В. Н. Тупикин, В. М. Фомченко — Автоматизированные системы расчета рабочих процессов — эффективное средство ускорения работ по созданию и совершенствованию двигателей	11
КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЯ, ИСПЫТАНИЯ	
А. П. Мельчаков, В. С. Фельзенштейн, Ю. И. Пономарев — Снижение металлоемкости рам транспортных средств	15
Э. И. Григолюк, А. Н. Фролов, И. В. Балабин, В. С. Бондарь, Н. И. Магеррамов, Л. Г. Сухомлинов — Автоматизированные методы исследования напряженного состояния как средство оптимизации массы и прочности колес	17
Ф. Н. Авдонькин — Определение удельных затрат на поддержание работоспособности агрегатов трансмиссии в зависимости от интенсивности изнашивания сопрягаемых деталей	19
В. И. Коссе — Оценка виброустойчивости и жесткости панелей кузова, подкрепленных выштампованными гофрами	21
Ю. Н. Филин, Л. Н. Шибалкин — Тиристорный электропривод станда с беговыми барабанами	22
М. А. Григорьев, Н. Н. Пономарев — Распределение размеров частиц загрязнений в рабочих жидкостях	23
ТЕХНОЛОГИЯ	
С. А. Баранов — Изготовление точных заготовок деталей топливной аппаратуры холодной объемной штамповкой	25
Б. П. Баринов, Г. Г. Семибратов, Б. М. Дризин — Холодная раскатка и накатка деталей типа валов и осей	26
А. Н. Лебедева — Замена окиси алюминия в пасте МЗ на стандартные микропорошки	29
В. М. Бусаров, Ю. А. Нагибин — Цинковые сплавы для литья под давлением	30
А. Ш. Мурасов, В. Н. Таловеров — Штампы для малоотходной вырубки и вытяжки	31
Б. Б. Бобович, Н. К. Болтачева, Е. М. Резвяков, А. Д. Шуляк, Б. Г. Попов — Материалы для формованных потолков автомобилей	32
ИНФОРМАЦИЯ	
На ВДНХ СССР	
В. Б. Паутова — Они награждены медалями ВДНХ	33
Станки и оборудование для нужд отрасли	
В. Ф. Ржевский, А. З. Бродский — Автоматы и полуавтоматы	35
Новости отечественного автомобилестроения	
В. П. Хохряков, Б. Н. Хохряков — Аэродинамика системы вентиляции салона автомобиля ВА3-2105	36
В. И. Задумин, Н. Н. Трошин, Б. Е. Романов, Н. С. Егорова, Е. А. Калинин, Ф. Г. Хайдуков, А. А. Демин, Ю. А. Коштарев, С. И. Гордиенко — Детермальное остекление для автомобилей	37
Новости автомобилестроения за рубежом	
Э. И. Полякова — Современные тенденции применения материалов в автомобилях капиталистических стран	38
В. А. Потапов — Новое в технологии	39

Главный редактор А. П. БОРЗУНОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

И. В. Балабин, В. М. Бусаров, А. В. Бутузов, А. М. Васильев, М. А. Григорьев, Ю. А. Ечеистов, К. П. Иванов, Б. Г. Карнаухов, А. С. Кобзев, А. В. 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. главного редактора), Б. М. Фиттерман, Н. С. Ханин, С. Б. Чистозвонов, М. М. Шурыгин

Издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

Экономия металла в XI пятилетке: задачи и проблемы

Б. М. БАНДУЛЕТ

НАМ, ТОВАРИЩИ, сейчас по силам решение самых больших и сложных задач, — отмечал в Отчетном докладе ЦК КПСС XXVI съезду партии товарищ Л. И. Брежнев. — Но стержнем экономической политики становится дело, казалось бы, простое и очень будничное — хозяйское отношение к общественному добру, умение полностью, целесообразно использовать все, что у нас есть. На это должны быть нацелены инициатива трудовых коллективов, партийно-массовая работа. На это должны быть нацелены и техническая политика, и политика капиталовложений, и система плановых, отчетных показателей».

Важнейшим видом общественного добра, который требует наиболее экономного расходования, является «хлеб» промышленности — металл. Об этом свидетельствуют и задачи, поставленные XXVI съездом нашей партии в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», где сказано: «Обеспечить за пятилетие ... снижение в машиностроении и металлообработке удельного расхода проката черных металлов в среднем не менее чем на 18—20 процентов, труб стальных — на 10—12 процентов, проката цветных металлов — на 9—11 процентов». Вопросы, связанные с экономией металла, нашли свое отражение и в Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов», принятом 30 июня 1981 г.

Автомобилестроение, как известно, — один из наиболее крупных в стране потребителей металлопродукции: на его долю, например, приходится

более 8% от общего потребления стали народным хозяйством. Поэтому изыскание путей и способов снижения расхода металла в нашей отрасли является не узковедомственной задачей, а задачей общегосударственных масштабов и значимости. Например, запланированное на новую пятилетку снижение расхода черного металлопроката в отрасли на 18% составляет около 1,5%, ее производства в стране в 1980 г.

Задание, как видим, очень напряженное. Понимая это, коллективы всех предприятий и организаций отрасли очень серьезно относятся к проблеме экономии металлов, изыскивают пути и способы, разрабатывают конкретные мероприятия для успешного ее решения.

Так, коллективы всесоюзных промышленных и производственных объединений (ВПО и ПО) совместно с учеными и конструкторами НИИ и КБ Минавтопрома, других отраслей и институтов Академии наук СССР, оценив реальные возможности «автомобильной промышленности и со стороны смежных отраслей (при условии обеспечения прогрессивными материалами и оборудованием), определили основные направления и показатели снижения металлоемкости выпускаемой автомобильной техники. В частности, было установлено, что нормы расхода черных металлов на эту технику в 1985 г. могут быть снижены — по сравнению с нормами 1980 г. — на 18%, в том числе за счет:

• применения проката улучшенного качества и экономичных профилей (фасонных и гнутых, рулонного листа, ленты, термоупроченного проката и др.) — на 7,4%;

• внедрения заменителей стального проката (например, пластмассами и алюминием) — на 0,8%;

реализации новых технологических мероприятий (холодная объемная штамповка и выдавливание, безоблойная горячая штамповка, поперечно-клиновья и продольная прокатка и т. п.) — на 6%;

совершенствования конструкций автомобилей, автобусов, прицепов и др. (применение новых, основанных на последних достижениях науки и ЭВМ, методов расчета, улучшение компоновки узлов и деталей, создание конструкций с переменными сечениями по длине детали и др.) — на 3,8%.

Руководствуясь этими научно обоснованными данными, труженики отрасли решили уже в первом году новой пятилетки добиться значительной экономии материальных ресурсов, затрачиваемых на производство автомобильной техники, в том числе металла. Например, в социалистических обязательствах на 1981 г., принятых на расширенном заседании Коллегии Министерства автомобильной промышленности и Президиума ЦК профсоюза рабочих автомобильного, тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, записано: «На основе осуществления комплекса мероприятий по внедрению эффективных конструкций, новых видов материалов, экономических профилей-заменителей, прогрессивной технологии обеспечить улучшение использования металла и других материалов. За счет осуществления конструкторских мероприятий, направленных на снижение металлоемкости, увеличение пробегов до капитального ремонта, повышение грузоподъемности автомобильной техники и сокращение расхода запасных частей для ее эксплуатации сэкономить более 45 тыс. т проката черных металлов. Довести применение проката из низколегированных сталей, стальных гнутых профилей и профилей отраслевого назначения, листовой стали в рулонах, фасонных профилей высокой точности, проката из алюминиевых сплавов до 1,7 млн. т и получить за счет этого экономии металлопроката в размере 18 тыс. т. Сэкономить 50 тыс. т проката черных металлов за счет приближения формы и размеров заготовок к форме и размерам деталей, повышения точности кузнечных заготовок и использования деловых отходов».

Отраслевые социалистические обязательства стали, по существу, программой действий для всех научных и производственных коллективов, основой обязательств на первый и последующие годы XI пятилетки, принятых производственными объединениями, предприятиями и организациями.

Так, коллектив производственного объединения «ЗИЛ» разработал план и рабочий проект внедрения малоотходной технологии при производстве автомобильной техники, реализация которого дает экономии черных металлов, равную 125 тыс. т в год. Во Всесоюзном промышленном объединении «Союзавтоприцеп» основу технической политики составляет применение низколегированных сталей (за пятилетку возрастет в 7—8 раз) и гнутых профилей из них (возрастет почти в 10 раз). Созданные в последнее время и вновь создаваемые прицепы и полуприцепы благодаря этому оказываются менее металлоемкими: например, прицепы к тракторам К-701 и полуприцепы к автомобилям КамАЗ — на 6—10%. Предприятия ВПО «Союзподшипник» совместно с конструкторско-технологическими и научно-исследовательскими организациями предусмотрели в XI пятилетке широкое внедрение автоматизированных и поточно-механизи-

рованных линий горячего передела пруткового металла (линии Л-309, Л-234, Л-408 и др.) для получения точных заготовок методом раскатки колец подшипников большого диаметра. Предусмотрено также развитие порошковой металлургии с использованием отходов металла в качестве сырья.

Даже эти краткие примеры говорят о том, что намечаемая в отрасли на XI пятилетку программа экономии металлов может быть выполнена только при разумном использовании всех внутренних резервов, имеющихся на предприятиях, НИИ, КБ, а также при своевременном обеспечении потребностей предприятий отрасли необходимыми им прогрессивными материалами и оборудованием.

Например, создание менее металлоемких конструкций автомобильной техники. Здесь, в принципе, внутриотраслевых проблем нет: мы обеспечены кадрами высокой квалификации, способными успешно решать и решающими эту задачу. Однако конструкторы должны иметь в своем распоряжении легкие и прочные материалы, а производство — иметь их в количествах, достаточных для обеспечения массового выпуска новых моделей. К сожалению, так бывает не всегда. Скажем, чтобы успешно реализовать первое из упомянутых выше направлений экономии металла Минавтопрому, согласно разработанному им плану внедрения новых прогрессивных материалов, в 1981—85 гг. необходимо получить 240 наименований гнутых профилей проката, т. е. в среднем 50 наименований в год. Между тем, Министерство черной металлургии СССР сообщает, что в 1981 г. оно сможет поставить лишь 14 наименований такого проката. Сходное положение наблюдается и в отношениях с некоторыми другими министерствами и ведомствами, на которые возложена обязанность обеспечивать автомобильную промышленность необходимыми ей материалами. В связи с этим остро назрела необходимость в том, чтобы Госплан, Госснаб, Минчермет, Минхимпром, Минстанкопром и другие министерства — поставщики материалов и оборудования — оказали Минавтопрому практическую помощь по выполнению плана экономии металла в XI пятилетке. Для этого нужно:

выделять и своевременно поставлять заявленные объемы прогрессивных видов металлопроката, пластических масс, алюминиевых профилей, металлопорошков и других заменителей черных металлов, а также необходимое для технического перевооружения предприятий отрасли металлодавящее, механообрабатывающее и др. оборудование;

учитывая особую массовость автомобильного производства и высокую, с точки зрения экономии металла, эффективность прогрессивных видов материалов, обеспечивать первоочередное выделение этих материалов отрасли;

не предусматривать в выделяемых фондах на металлопрокат короткомерных отходов готового проката, которые не могут быть эффективно использованы в условиях автоматизированного поточно-массового производства;

решить вопрос о включении в показатель получаемой экономии тот металл, который экономит народное хозяйство за счет облегчения новой и модернизироваемой автомобильной техники, повышения ее эксплуатационных характеристик и долговечности, а также снижения расхода запасных частей.

В подтверждение сказанному приведем два примера.

Известно, что значительным резервом экономии металлопроката является повышение коэффициента использования металла. Главный путь решения этой задачи — техническое перевооружение заготовительных, листоштамповочных и механообрабатывающих производств на базе прогрессивного оборудования. Как показывают расчеты, в условиях автомобильной промышленности такое перевооружение может дать экономию более 500 тыс. т черных металлов в год. Однако оно потребует значительных денежных затрат — таких, которых Минавтопром из предоставленных ему средств выделить в полном объеме, естественно, не может.

Расчеты показывают: если примерно 50 тыс. т литых конструкций автомобильной техники заменить штампо-сварными, то это потребует лишь 35 тыс. т проката. Выгода очевидная, однако данное предложение поддержки со стороны планирующих органов пока не получило.

Коротко еще об одной проблеме, которая, на наш взгляд, заслуживает внимания Госплана СССР.

При проектировании новых моделей автомобильной техники в ее конструкции закладываются самые современные материалы и методы их обработки. В связи с этим при переходе на новую модель нормативы расхода материалов на ее изготовление уже предусматривают их высокоэффективное использование. Следовательно, обеспечить в первые годы после постановки автомобиля на производство их снижение — дело не реальное. Например, один из автомобилей Волжского автозавода им. 50-летия СССР, выпуск которого начнется в конце XI пятилетки, будет на 100 кг легче своего предшественника. Суммарное потребление металла заводом за счет этого снизится на многие тысячи тонн сразу, но эта фактическая экономия, согласно существующим правилам, заводу не засчитывается. Это является сдерживающим фактором при постановке на производстве новых или модернизируемых моделей.

Как видно из всего сказанного, названные выше проблемы связаны в основном с экономией металла на этапах планирования, проектирования и

производства автомобильной техники. Но есть еще один весьма существенный и перспективный резерв экономии. Крoется он в организации и качестве капитального ремонта автомобилей, двигателей, их агрегатов и узлов. И это понятно. На производство запасных частей к автомобилям, прицепах и др. технике сейчас расходуется около $\frac{1}{3}$ металла, затрачиваемого на производство новых изделий, выпускаемых предприятиями Минавтопрома. Как показывает анализ, переход от капитального ремонта, зачастую превращающегося в сборку ремонтируемой техники из запасных частей, к ремонту на промышленной основе, т. е. на базе современных технологий и оборудования, позволит повысить ресурс отремонтированных агрегатов до 80% и более от ресурса новых, а за счет сокращения расхода запасных частей — экономить до 1 млн. т черных металлов в год.

И второе. Все упомянутые выше проблемы имеют двойственный характер. С одной стороны, межотраслевой и межведомственный, с другой — внутриотраслевой. Чтобы успешно выполнить те чрезвычайно напряженные задания по экономии металла в отрасли, которые поставлены перед отраслью на XI пятилетку, всем коллективам — научным, проектным, производственным — особое внимание нужно уделять именно второй стороне затронутых здесь проблем. Иными словами, изыскивать и рационально использовать прежде всего внутренние резервы и ресурсы экономии металла.

О том, как это делается уже сейчас, на первом году XI пятилетки, рассказывается в некоторых статьях, помещаемых в предлагаемом вниманию читателей номере нашего журнала, а также будет рассказано в материалах, намеченных к опубликованию в ближайших его номерах. Из этих публикаций, а также из результатов оценки состояния дел на местах вывод напрашивается однозначный: труженики автомобильной промышленности в первом году новой пятилетки взяли хороший старт. Они сделают все от них зависящее, чтобы выполнить задачи по экономному расходованию материальных ресурсов, поставленные высшим форумом партии — ее XXVI съездом.

Система регламентированного технического обслуживания оборудования

(По опыту Минского автозавода)

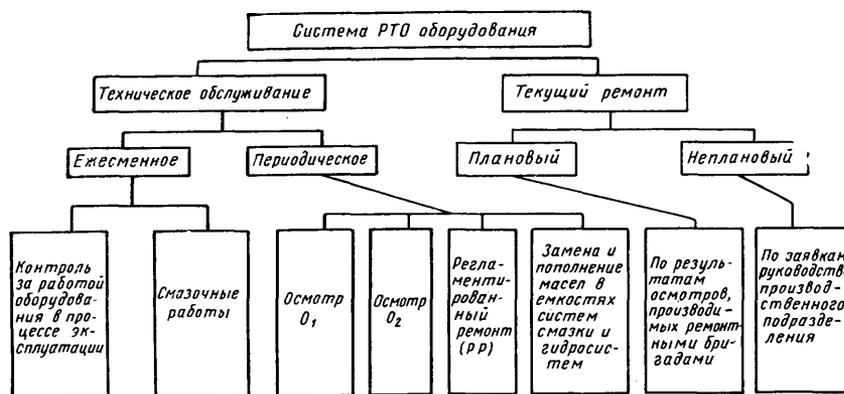
Кандидаты экон. наук Р. Б. ИВУТЬ, Г. И. ИВАНОВ, Н. Н. ПИЛИПУК

Белорусский политехнический институт

Автомобильная промышленность, № 10, 1981 г.

СОВРЕМЕННОЕ производство характеризуется наличием высокопроизводительного, но в то же время и сложного оборудования, автоматических и полуавтоматических линий. В связи с этим особую актуальность приобрели вопросы внедрения новых форм организации его технического обслуживания и ремонта. Одной из таких форм является система регламентированного технического обслуживания (РТО), которая внедряется на Минском автозаводе.

средний и капитальный ремонты. Наличие среднего ремонта в структуре цикла не позволяет установить правильные взаимоотношения между заводами, выпускающими оборудование, и многочисленными предприятиями, эксплуатирующими его. В большинстве случаев заводы-изготовители гарантируют нормальную работу станков до первой остановки их на ремонт, связанный с восстановлением рабочих поверхностей базовых деталей. Однако эти работы выполняются уже при



Система РТО предусматривает выполнение осмотров, регламентированных ремонтов, чисток (промывок) и смазок (замены масел) оборудования. Она неразрывно связана с проведением капитальных ремонтов, планирование которых осуществляется на основе Единой системы планово-предупредительного ремонта, применяемого на предприятиях отрасли (с обязательным корректированием нормативов материально-трудовых затрат на этот вид работ), но не предусматривает средних ремонтов, которые, как показал опыт, до настоящего времени не имеют достаточно четкого экономического обоснования. В практике предприятий деление ремонтов на средние и капитальные было и продолжает оставаться весьма условным, вследствие чего не всегда можно определить границу между ними. Финансирование средних ремонтов из двух источников (амортизационных отчислений и текущих затрат производства) затрудняет правильный учет расходов на

первом среднем ремонте, что в известной мере ослабляет ответственность станкостроительных заводов за повышение долговечности станков, делает гарантии срока ремонта бессодержательными.

Надо отметить еще одно обстоятельство. В настоящее время структура выпускаемого оборудования улучшается за счет опережающего выпуска станков с ЧПУ, тяжелых, высокоточных и уникальных станков и прессов; значительного увеличения выпуска специальных станков и комплексных автоматических линий, переналаживаемых на различные размеры деталей. Одним из основных эксплуатационных требований к подобному оборудованию является, по возможности, более редкая его разборка, так как восстановление первоначальной точности сопряженных узлов и деталей отличается высокой трудоемкостью. Вследствие этого за счет повышения надежности и долговечности деталей и узлов новое оборудова-

ние по сравнению с ранее выпущенным имеет большие сроки службы до капитального ремонта. Для него, следовательно, можно исключить из структуры ремонтного цикла средний ремонт, заменив его увеличенным числом обязательных межремонтных осмотров. Частые осмотры благодаря своевременному устранению мелких неисправностей значительно уменьшают простой оборудования.

В связи с этим для многих видов современного оборудования структуру ремонтного цикла необходимо изменить, устранив из нее средний ремонт. Одновременно, учитывая специфику массово-поточного производства на предприятиях автомобилестроения, необходимо перенести центр тяжести с ремонтных работ на активное проведение технического обслуживания оборудования. Именно так и поступили на Минском автозаводе при разработке системы РТО. Дифференциация работ согласно этой системе показана на схеме.

Перечень работ, выполняемых при регламентированном техническом обслуживании, определяется для каждой модели оборудования с учетом ее конструктивных особенностей и надежности механизмов. Текущий ремонт выполняется для обеспечения или восстановления работоспособности оборудования и включает замену и восстановление отдельных узлов и деталей.

Чтобы упростить процесс планирования, работы одной периодичности объединены в отдельные комплексы, условно обозначенные шифрами ЕО, О₁, О₂ и РР (ежесменное обслуживание, первый и второй осмотры, регламентированный ремонт).

Первый комплекс (ЕО) включает работы, выполняемые один или более раз в смену, т. е. осуществление контроля за работой оборудования в процессе эксплуатации, показаниями приборов системы смазки, гидросистемы, датчиков температуры нагрева рабочих органов. Его цель — своевременно обнаружить любые отклонения в работе оборудования и принять меры по их ликвидации.

Комплекс осмотров (О) содержит работы по проверке устройств техники безопасности, правильности функционирования систем смазки и механизмов, отказы которых вызывают крупные поломки и преждевременный износ оборудования или создают опасные условия для работы. Кроме того, сюда относятся проверка, регулирование ремонтных и цепных передач, проверка органов управления, тяг, крепежных деталей и т. п.

При осмотрах часть работ выполняют с неполной разборкой отдельных сборочных единиц или с применением специальных контрольно-измерительных приборов и инструментов (например, проверку зазоров в направляющих, проверку осевых и радиальных зазоров в опорах шпинделей и т. д.).

Одновременно контролируют соблюдение правил эксплуатации и ухода за оборудованием рабочими производственных участков, регулируют механизмы, устраняют мелкие неисправности, заменяют быстро изнашивающиеся детали и т. п.

Комплекс регламентированного ремонта (РР) содержит работы предыдущего комплекса и более трудоемкие работы проверочного характера, требующие частичной или полной разборки механизмов, перечисленных в нормативной документации. 2 Зак. 411

тации. При выполнении этого комплекса, как и предыдущих, устраняют все выявленные неисправности, заменяют изношенные детали и сборочные единицы. Цель работ — восстановить технологическую точность, обеспечить надежную работоспособность всех механизмов и сборочных единиц до очередного обслуживания или планового ремонта (капитального).

На все комплексы и виды работ заполняют карты циклов РТО.

Система РТО большое внимание уделяет чистке и смазке оборудования (чистка обычно совпадает с заменой смазки и охлаждающей жидкости). Общий перечень и периодичность этих работ определяют картами смазки.

При проведении регламентированного технического обслуживания выполняют и текущие ремонты оборудования. Они могут быть плановыми и неплановыми. К первым относятся работы по устранению неисправностей, обнаруженных при техническом обслуживании: после накопления информации о закономерностях износа оборудования эти работы дополнительно включают в карты циклов РТО и в дальнейшем выполняют согласно заранее составленному графику. К неплановым текущим ремонтам относятся работы по устранению случайных отказов (аварий).

На Минском автозаводе составляются годовые графики РТО по цехам и для всего производства в целом. Виды работ представляются по неделям в течение года. В этот график также включаются работы по смазке и чистке оборудования. Годовой график плановых работ составляют на основании «Карт циклов РТО», в которых указывают периодичность проведения работ по системе, инвентарный номер и шифр оборудования, содержание работ и их трудоемкость. При составлении графика предусматривается равномерное распределение суммарной трудоемкости по неделям года. Сроки остановки оборудования для выполнения работ по системе РТО согласовывают со всеми подразделениями.

Ежесменное техническое обслуживание обычно выполняют рабочие основного производства, а работы по РТО и текущему ремонту — специализированные бригады, укомплектованные высококвалифицированными слесарями-ремонтниками, способными тщательно и объективно оценить техническое состояние оборудования, выявить возможности дальнейшей его эксплуатации или своевременного проведения текущего ремонта. В составе бригад существуют также слесари-гидравлики, которые занимаются ремонтом и отладкой систем смазки и гидросистем оборудования. Смазку и чистку осуществляют комплексные бригады, в состав которых входят рабочие более низкой квалификации, чем в бригады по техническому обслуживанию и ремонту. Внутри такой бригады возможна специализация по видам работ: замена масел, чистка оборудования, долив масел. При выполнении работ по смазке и чистке смазки пользуются «Картами циклов РТО (смазка)». Бригаде придаются необходимые средства механизации и инвентарь, для которых — с целью обеспечения их сохранности — выделяется специально оборудованная площадка или помещение.

С учетом сказанного выше на Минском автозаводе для металлорежущего оборудования мас-

сой до 10 т, выпущенного до 1967 г., вместо старой (по системе ППР) структуры (КР — О — М₁ — О — М₂ — О — С₁ — О — М₃ — О — М₄ — О — С₂ — О — М₅ — О — М₆ — О — КР) разработана новая: КР — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — РР₁ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — РР₂ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — РР₃ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — РР₄ — О₁ — О₁ — О₂ — О₁ — О₁ — КР.

Из нее, как видим, исключены малый и средний ремонты, но включены два вида осмотров (О₁ и О₂) и регламентированные ремонты.

Разработаны аналогичные структуры и для станков, выпущенных после 1967 г., и также с учетом их массы. Периодичность выполнения работ по системе РТО различна и зависит от вида оборудования, его сложности, возраста, загрузки и т. д. (регламентированные ремонты выполняются в среднем через 52—55 недель, О₂ — через 13—15 недель, О₁ — через 4—6 недель).

Новая система РТО оказалась выгодной как в техническом, так и экономическом плане. Например, вследствие более частого проведения осмотров уменьшилось число аварийных выходов оборудования из строя, а длительность ремонтного цикла увеличилась. Для приведенной выше структуры экономия трудоемкости на одну единицу ремонтной сложности за цикл составляет около 50% от прежней (по системе ППР). Об этом же свидетельствует и величина трудоемкости по видам работ (см. таблицу).

Годовой экономический эффект от внедрения системы РТО только в механосборочном производстве Минского автозавода составит 50 тыс. руб.

Таким образом, эффективность внедрения данной системы очевидна. Это связано с тем, что си-

Виды работ	Трудоемкость, нормо-ч (на 1 ЕРС)	
	по системе ППР	по системе РТО
Капитальный ремонт (КР)	35,00	20,94
Средний ремонт (СР)	23,50	—
Малый ремонт (МР)	0,10	—
Регламентированный ремонт (РР)	—	7,30
Осмотры:	0,85	—
О ₁	—	0,38
О ₂	—	0,35
Чистка (за весь ремонтный цикл)	—	1,00
Смазка (за весь ремонтный цикл)	—	—

стема ППР просто устарела. В ней отсутствуют рекомендации по проведению технического обслуживания, в том числе по профилактическому обслуживанию механической и гидравлической частей оборудования. Кроме того, давно устарели все нормативы, рекомендованные данной системой, не соответствует современным требованиям и методика планирования ремонтных работ. Увеличение сложности оборудования на предприятиях автомобилестроения, создание крупных производственных объединений, специфика поточно-массового производства, опыт организации ремонта и обслуживания на Волжском автозаводе им. 50-летия СССР со всей очевидностью доказали это. Вот почему многие предприятия вынуждены сами заниматься вопросами совершенствования системы ППР. Однако это очень сложный вопрос для отдельного предприятия. Поэтому давно назрела необходимость обобщить опыт организации ремонта и обслуживания оборудования в автомобильной, а также и в других отраслях промышленности, выдать предприятиям новые нормативные документы, учитывающие современное состояние и уровень развития промышленного обслуживания.

К сведению читателей

С 1 января 1982 г. цена за экземпляр нашего журнала устанавливается в размере 60 коп. Это связано с увеличением стоимости бумаги для печати, затрат на полиграфическое исполнение и доставку журнала подписчикам.

Стоимость годовой подписки 7 р. 20 к.

Перспективы повышения эффективного КПД двигателей

Д-р техн. наук Н. С. ХАНИН
НАМИ

УНИВЕРСАЛЬНЫМИ показателями эффективности использования энергии топлива в двигателях любого типа являются величина и характер протекания эффективного КПД η_e , т. е. показателя, обратно пропорционального удельному расходу топлива g_e .

Анализ развития автотранспортной техники показывает, что для наиболее распространенного вида карбюраторных ДВС сохраняется тенденция к повышению η_e , начавшаяся еще в 20-е гг. В то же время переход от искрового зажигания в карбюраторных двигателях к воспламенению от сжатия в дизелях уже в 30-е гг. обеспечивал повышение η_e на 30—40%. Несмотря на дальнейшее интенсивное совершенствование карбюраторных двигателей, эти же масштабы повышения η_e в результате замены их дизелями сохранились и в настоящее время.

Факторы, определяющие преимущества дизелей по топливной экономичности по сравнению с карбюраторными двигателями, подробно изложены в работе [1]. В дополнение можно отметить, что у дизелей нет энергетических потерь, вызываемых дросселированием смеси в двигателях с количественным регулированием крутящего момента; меньше потерь, вызываемых неравномерным распределением топлива по цилиндрам. Однако и у карбюраторных двигателей имеются существенные

Имеются и другие, отмеченные ниже и в работе [4] возможности повышения η_e карбюраторных двигателей. Тем не менее отставание роста η_e карбюраторных двигателей от η_e дизелей в перспективе неизбежно. Например, даже относительно малофондоская модернизация серийных дизелей путем применения низкого турбонаддува (рис. 1) позволяет существенно повысить уровень их η_e (не менее чем на 1,5%).

На диаграмме рис. 2 показано изменение рекламных данных по минимальному удельному расходу топлива серийно изготовлявшихся автомобильных дизелей. Как видно из этой диаграммы, уже в 30-е гг. достигались значения η_e , близкие к реализовавшимся ранее у мощных неавтомобильных низкооборотных дизелей (отмечено точками). Относительные преимущества последних, определяемые масштабным эффектом, были стабильными. Все это, а также появление в 1980—81 гг. новых моделей дизелей с высокой топливной экономичностью, дает основание ожидать дальнейшего повышения η_e автомобильных дизелей.

В истекшие годы наиболее интенсивно повышались средние значения η_e серийно изготовляемых двигателей, что отражало как совершенствование их конструкции, так и улучшение технологии производства.

При рассмотрении тенденций изменения η_e используем аналогию реального рабочего цикла автомобильных поршневых

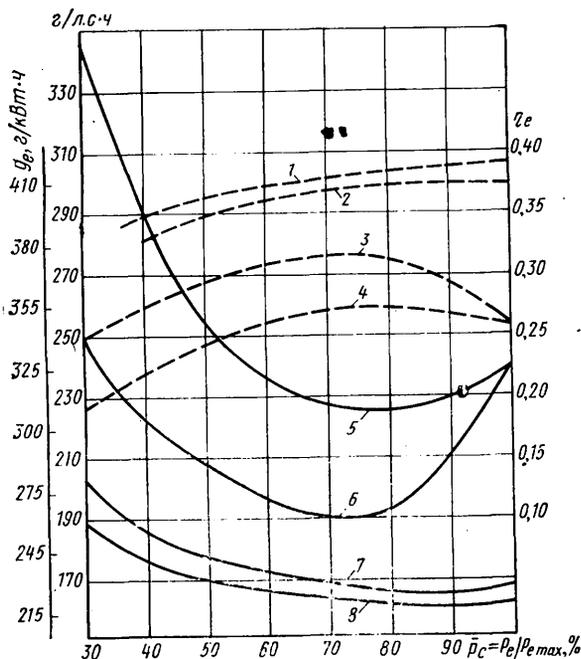


Рис. 1. Типичные нагрузочные характеристики дизелей (η_e — штриховые линии, g_e — сплошные линии):

1, 8 — опытный дизель с низким наддувом 84Н 12/12; 2, 7 — серийный дизель без наддува 84 12/12; 4, 5 — серийный карбюраторный двигатель 84 10/9,5; 3, 6 — опытный карбюраторный двигатель с форкамерным зажиганием

венные резервы повышения η_e , в первую очередь на режимах частичных нагрузок. Например, применение форкамерного зажигания [2 и 3] на средних нагрузках (рис. 1) позволяет приблизить величину η_e карбюраторных двигателей к значениям, которые считались приемлемыми для дизелей предыдущего поколения (с разделенными камерами сгорания).

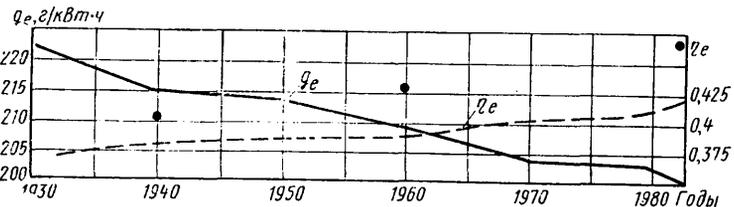


Рис. 2. Схема повышения рекламных значений g_e и η_e серийных автомобильных дизелей на 1930—1981 гг.

ДВС термодинамической модели смешанного воздушного цикла теплового двигателя, имеющего термический КПД η_t и степень сжатия ϵ .

Известно, что повышение ϵ оказывает наибольшее, по сравнению с другими параметрами рабочего цикла, положительное влияние на η_t и индикаторный КПД η_i . Однако замедление их прироста, сопровождаемое интенсивным снижением механического КПД η_m , приводит к прекращению увеличения η_e при $\epsilon > 14$. В связи с этим в последние годы отмечается тенденция к повышению степени сжатия у бензиновых двигателей (в основном для легковых автомобилей) и снижению ее у дизелей (для грузовых автомобилей). Так, ряд серийных дизелей грузовых автомобилей выпускается сейчас с $\epsilon = 12,5 \div 14$. Известны работы по дизелям системы «Гипербар» со степенью сжатия менее 8. Имеются также возможности обеспечения удовлетворительных пусковых качеств дизелей с невысокими ϵ . В то же время степень сжатия карбюраторных двигателей легковых автомобилей повышают до 10 и более, причем без значительного увеличения потребного октанового числа топлива.

Одним из путей повышения η_e дизелей, несмотря на ограничения ϵ , обусловленные прочностью деталей и ростом механических потерь, является улучшение смесиобразования и соответственно снижение неполноты сгорания. Это достигается, с одной стороны, повышением давления распыливания топлива до 100 МПа и более, сокращением продолжительности впрыска и совершенствованием капельной структуры факелов

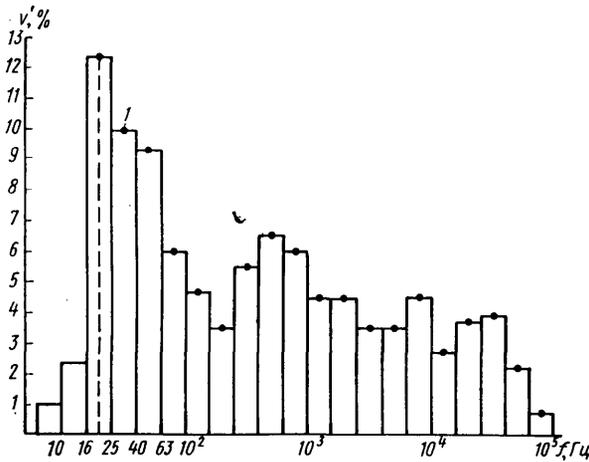


Рис. 3. Распределение энергии пульсационных составляющих скорости потока v' в цилиндре по частотам f (l — частота прерывания потока)

топлива и, с другой стороны, улучшением аэродинамики заряда в направлении оптимизации вихревого отношения заряда в широком диапазоне скоростных режимов, повышением наполнения за счет снижения аэродинамических сопротивлений и использования эффектов динамического наддува.

Опыты, проведенные в НАМИ [8], показывают перспективность стабилизации соотношения энергии V' вихревых компонентов разных частот f пульсационных составляющих потоков в цилиндрах (рис. 3). Это может быть достигнуто совершенствованием формы подводящих каналов и технологии их изготовления. (Оптимизация вихревой системы заряда актуальна не только для дизелей, но и для карбюраторных двигателей).

Рабочий процесс, в особенности такая его характеристика, как полнота сгорания, в дизелях может быть улучшен в результате уменьшения неактивной доли заряда в щелевых пограничных зонах головки поршня путем уменьшения рабочих зазоров между головкой и поршнем. Что касается формы камеры сгорания, то она особого значения не имеет: эффективное сжигание топлива удастся осуществлять при самых разнообразных формах камер в поршнях дизелей — от шаровой до цилиндрической и даже призматической. Предпочтение симметричным формам камер отдается в основном по соображениям надежности.

Благодаря совершенствованию рабочих процессов и топливной аппаратуры индикаторный КПД η_i серийных автомобильных дизелей в настоящее время доведен до высоких значений (0,49—0,5). При этом доля энергии ($Q_T = 1 - \eta_0$), определяемая несовершенством реального рабочего цикла по отношению к термодинамическому и связанная с относительным КПД η_0 соотношением $\eta_0 = \eta_i / \eta_T$, доходит до 20—23%. Она включает такие крупные составляющие, как, например, потери, обусловленные переменностью теплоемкости рабочего тела, сменой заряда, а также конечной скоростью сгорания и неполнотой расширения.

Два последних компонента потерь могут быть уменьшены в результате совершенствования рабочих процессов. Однако наибольшую долю в балансе энергетических потерь двигателя имеют составляющие, связанные с энергией отработавших газов и характеризующие комплексом $E_T = 1 - \eta_i - \Phi_{тп}$, где $\Phi_{тп}$ — доля отвода энергии вследствие теплопередачи. Величина E_T соизмерима с полезно используемой долей энергии, поэтому естественным является стремление к полезному использованию части энергии газов для повышения η_e силовой установки автомобиля.

Среди путей повышения η_e следует отметить также снижение неравномерности работы цилиндров двигателей. Решение данной задачи для восьмицилиндровых двигателей, которые более широко распространены в отечественном автомобильном транспорте, чем двигатели с другим числом цилиндров, и имеют неравномерное чередование рабочих ходов цилиндров каждого ряда, является наиболее трудным. Для дизелей характерно значительное повышение η_i на частичных нагрузках. Менее существенно улучшение η_i на частичных нагрузках карбюраторных ДВС. Приходится констатировать, что возможности повышения η_i дизелей весьма ограничены ввиду приближения КПД реального цикла к термодинамическому ($\eta_0 = 0,75$).

Перечисленные направления совершенствования рабочего процесса позволяют рассчитывать на компенсацию снижения η_i по мере форсирования двигателей и уменьшения ϵ дизелей. Тем не менее отмеченные возможности улучшения индикаторного процесса должны реализовываться как с целью повышения η_e , так и в не меньшей мере для улучшения экологических качеств двигателей, дальнейшего улучшения их надежности. Последняя зависит от тепловой напряженности, которая, в свою очередь, определяется температурой отработавших в цилиндрах газов, пропорциональной E_T . Реализация отмеченных возможностей требует развития исследований рабочих процессов, совершенствования топливной аппаратуры и других компонентов двигателей.

В последнее время обращают внимание на уменьшение энергетических потерь, вызываемых отводом тепла от рабочего тела в стенки цилиндрического пространства, характеризующих долей $\Phi_{тп}$. Утверждается, например, что при максимальной теплоизоляции стенок, чему соответствует распространяющаяся в последнее время концепция «адиабатного» двигателя, и значительном снижении механических потерь может быть достигнут $\eta_e = 0,54$. Этому η_e при дизельном топливе соответствует $g_e = 156$ г/кВт·ч. Однако расчеты по современным методам [5], подтверждаемые опытными данными по дизелям фирмы «Камминс» [6], а также оценки, выполненные еще в начале 30-х гг. Г. Рикардо [7] и более новые, не позволяют давать столь оптимистичных прогнозов. В гипотетическом варианте полной теплоизоляции всех поверхностей цилиндра и головки расчеты показывают теоретическую возможность повышения η_e поршневой части двигателя примерно на 4%.

Более значительно влияние теплоизоляции стенок головки цилиндров и днища поршня на энергию выпускных газов, характеризующую E_T . Отрицательными последствиями теплоизоляции являются снижение коэффициента наполнения, рост теплонапряженности клапанов, ухудшение условий работы масла. В то же время у дизелей с теплоизоляцией улучшаются условия воспламенения топлива, снижаются требования к его качеству. Бесспорным фактором, повышающим η_e силовой установки с двигателем, имеющим эффективную теплоизоляцию стенок, является снижение затрат энергии на охлаждение.

Суммарное теоретически возможное повышение уровня η_e дизельной силовой установки в результате теплоизоляции цилиндра и его головки при утилизации энергии выпускных газов посредством турбины без регенерации может быть оценено в пределах 5,5—6%. Такой эффект оправдывает проведение крупномасштабных научно-исследовательских работ по данному направлению, несмотря на весьма большие технические трудности решения задачи, неизбежную неполноту возможной реализации. (Одним из путей снижения теплоотвода является применение керамических материалов).

Применение турбонаддува (наиболее доступный путь частичного использования E_T), а также дополнительное использование утилизируемых турбин без регенерации тепла далеко не исчерпывают возможностей использования работоспособности потока выпускных газов. Известно, что их удельную теоретическую работоспособность можно оценить величиной эксергии осредненного потока

$$e = (i_m - i_0) + T_0 (S_m - S_0), \quad (1)$$

где i — энтальпия; S — энтропия; T — абсолютная температура.

Индекс « m » относится к потоку на выходе из двигателя; «0» — к окружающей среде. При включении в контур отвода газов из поршневого двигателя утилизирующих турбин без регенерации тепла полезная доля эксергии e невелика (не превышает 10%). Это обусловлено малым относительным рабочим перепадом давлений на турбине Δp_m , т. е. небольшим рабочим перепадом энтальпии $\Delta i = i_m - i_2$ (где i_2 — энтальпия газа на выходе из турбины), а также невысоким эффективным КПД цикла турбин с переменным давлением. Тем не менее подобное использование части e является перспективным средством существенного повышения η_e и радикального улучшения массо-габаритных показателей собственно двигателя с наддувом и более сложных теплосиловых установок, состоящих из ДВС и утилизирующих устройств.

Таким образом, применение утилизирующих турбин для наддува, а впоследствии и для выработки части энергии, необходимой для движения автомобиля, является первой стадией развития перспективной теплосиловой установки, основным элементом которой является ДВС. Использование e может быть повышено за счет применения утилизирующих двигателей с регенерацией тепла (рис. 4). В них могут реализовываться регенеративные циклы типов Стирлинга, Брайтона, а также Ренкина.

В первом и втором случаях рабочим телом является газ, а в третьем — пар. Использование таких двигателей теоретиче-

ски позволяет значительно, на 10% и более, повысить общее значение η_e силовой установки автомобилей, довести его до значений (0,5 и выше), не достигаемых для каждого из тепловых двигателей, в которых реализуются указанные циклы в отдельности. Однако подобное развитие теплосиловой установки невозможно без создания указанных нетрадиционных типов утилизационных двигателей, включаемых в контур системы выпуска ДВС и работающих при наличии в выпускных газах продуктов неполного сгорания топлива и масла.

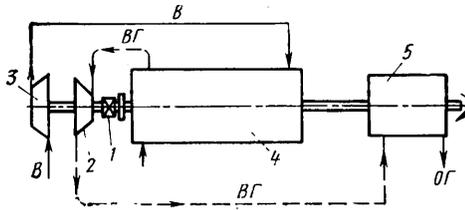


Рис. 4. Схема сочетания поршневого двигателя с турбонаддувом (при возможном отборе энергии от турбины, кроме компрессора) с утилизационным двигателем с регенерацией (ВГ — выпускные газы; В — воздух; ОГ — отработавшие газы):

1 — агрегат для соединения утилизационной турбины с коленчатым валом; 2 — турбина; 3 — компрессор; 4 — поршневой двигатель; 5 — утилизационный двигатель с регенерацией

Как отмечалось выше, ожидать значительного повышения η_i не следует. Возможности же улучшения механического КПД η_m есть, и значительные. Об этом свидетельствует то, что рост η_m в последние годы происходит более интенсивно, чем рост η_i . (Этим в основном и определяется совершенствование η_e дизелей).

Актуальность улучшения η_m автомобильных двигателей связана и с тем, что механические потери составляют крупную долю в энергетическом балансе дизеля при больших нагрузках (свыше 12% от располагаемой энергии), а также с прогрессирующим снижением η_m на частичных нагрузках (рис. 5), более интенсивным при дроссельном регулировании заряда.

Как видно из рис. 5, уменьшение η_m при снижении $p_e = p_e/p_{e\max}$ от 100 до 40% доходит до 20%. При данном уровне η_e на номинальном режиме величина эффективного КПД на характерных эксплуатационных режимах определяется в первую очередь протеканием η_m , возрастающего при снижении скоростного режима и уменьшающегося по мере уменьшения нагрузки (рис. 5). Этим обуславливается первоочередная роль η_m в формировании многопараметровых характеристик, эксплуатационной топливной экономичности, зависящей от величин η_e на рабочих режимах.

Проведем анализ выражения для среднего давления, соответствующего механическим потерям в рабочем диапазоне частоты вращения коленчатого вала двигателя:

$$P_m = (A_1 - A_2 C_m^2) P_c^m + B C_m + D C_m^2, \quad (2)$$

где A_1, A_2, B, D — величины, постоянные для данного двигателя;

C_m — средняя скорость поршня;

P_c — давление конца сжатия.

Бином в скобках правой части формулы учитывает вероятное уменьшение составляющей сухого трения вследствие влияния подъемной силы масляной пленки между деталями поршневой группы и цилиндрами. Отрицательный член в скобках противостоит третьему члену правой части формулы, характеризующему аэродинамические потери, среди которых преобладающую роль играют потери насосных ходов.

В формуле наибольшую долю потерь составляет сумма первого и второго членов, которые определяются фрикционными процессами в подвижных сопряжениях в первую очередь деталей цилиндрово-поршневой группы. Известны возможности уменьшения потерь данной группы составляющих P_m (на 1% от располагаемой энергии) путем оптимизации качеств масел как по вязкостнотемпературной характеристике, так и по прочности сцепления масляных пленок с контактирующими поверхностями. Микро- и макрогеометрия последних играет в данной связи немаловажную роль. Должны быть также реализованы возможности уменьшения числа поршневых колец, совершенствования их конструкции и технологии изготовления.

Среди реальных путей улучшения η_m , реализуемых в последние годы, следует отметить снижение средней скорости поршня (рис. 5). Необходимые энергетические показатели

могут быть сохранены путем увеличения наддува, что дает дополнительный положительный эффект вследствие более полной утилизации энергии отработавших газов. Прогнозируемое вследствие снижения C_m на 10% увеличение η_e может быть оценено в 0,8%, что соответствует повышению топливной экономичности приблизительно на 2%.

Анализируя приведенную выше формулу (2), можно отметить целесообразность, с точки зрения топливной экономичности, подбора передаточных отношений трансмиссии автомобиля, обеспечивающих невысокую частоту вращения коленчатого вала при установившемся движении и наиболее часто реализуемой нагрузке, совмещение характеристик автомобиля и двигателя в области минимума многопараметровой характеристики (при соответствующей настройке рабочего процесса двигателя с тенденцией к повышению эксплуатационных значений η_e).

Так как доля составляющих, соответствующая потерям насосных ходов, велика, перспективные мероприятия по их снижению. Среди них отметим применение систем газораспределения с двумя впускными и двумя выпускными клапанами на цилиндр, что позволяет увеличить «время — сечение» клапанов на 20—30%, резко уменьшить потери насосных ходов на режимах прокручивания и малых нагрузках. По статистическим данным НАМИ, снижение потерь за счет этого составляет в среднем 20% от P_m (рис. 5).

Эффект от применения четырех клапанов на цилиндр при больших нагрузках прогрессивно возрастает по мере форсирования двигателей как путем повышения p_e и C_m , так и увеличения литровой мощности. Этим объясняется более широкое применение четырехклапанных систем газораспределения для дизелей с литровой мощностью свыше 10 кВт/л. Немаловажную роль играет также снижение газодинамических потерь в тракте «головка цилиндра — турбокомпрессор», в частности, в соединительных узлах.

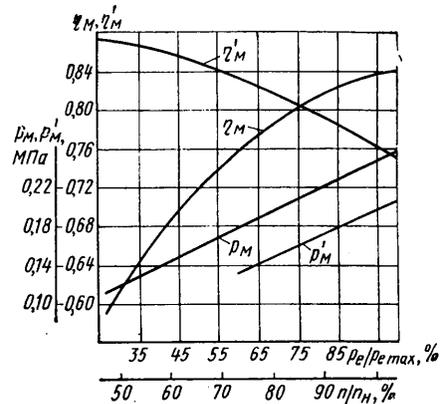


Рис. 5. Типичные графики изменения P_m и η_m дизеля (η_m, P_m — в функции частоты вращения коленчатого вала n при двух клапанах на цилиндр; η'_m, P'_m — в функции нагрузки при средневероятном n ; P'_m — при четырех клапанах на цилиндр)

Из той же формулы (2) следует, что даже без учета влияния на первый и третий ее члены использование наддува при достаточном КПД нагнетателя повышает η_m вследствие практической независимости от давлений цикла второго члена этой формулы. По мере повышения КПД системы турбонаддува $\eta_{тн}$ (и в первую очередь КПД турбокомпрессора $\eta_{тк}$) затраты энергии на насосные хода снижаются, и при $\eta_{тк} > 0,47$ (ныне достигнутый уровень) работа насосных ходов становится положительной на большей части нагрузочных режимов.

Таким образом, улучшение η_e за счет турбонаддува обусловлено в основном повышением η_m из-за трансформации работы турбины в работу поршней и уменьшения доли потерь на трение. Как следует из сопоставления графиков на рис. 1, степень увеличения η_e в результате эффективного турбонаддува возрастает по мере снижения относительной нагрузки $P_e = p_e/p_{e\max}$ и приближения ее к наиболее часто реализуемым при эксплуатации автомобиля значениям.

Дополнительным средством повышения η_e при турбонаддуве является охлаждение наддувочного воздуха, эффективность влияния которого возрастает при росте давления наддува. Важным переходом от низкого турбонаддува к среднему,

а затем высокому является естественным направлением повышения η_e дизелей посредством увеличения η_m . Дополнительное повышение уровня η_e таким путем может быть оценено по отношению к дизелям с низким наддувом соответственно в 1 и 2%. А это означает, что улучшение η_e путем снижения скоростного режима двигателя должно сопровождаться — в целях обеспечения необходимой энергооборуженности автомобилей — применением и увеличением наддува, что позволит дополнительно снизить расход топлива.

В дополнение к сказанному отметим, что наддув положительно сказывается на топливной экономичности автомобиля благодаря снижению при той же мощности рабочего объема двигателя, а следовательно, его массы и механических потерь в нем. Но, говоря о перспективах, не следует недооценивать сложности задач по обеспечению высокой надежности двигателей с турбонаддувом, в том числе надежности турбокомпрессоров. Сложности эти возрастают по мере увеличения степени наддува. Необходимо также поиск путей обеспечения удовлетворительных пусковых качеств дизелей со средним и высоким турбонаддувом.

В состав механических потерь P_m обычно включают затраты энергии на привод агрегатов, без которых невозможны работа двигателя и движение автомобиля. И это правильно: суммарные энергетические затраты на привод агрегатов доходят до 4% располагаемой энергии. Следовательно, уменьшение этих затрат представляет собой существенный резерв повышения η_e автомобильных двигателей.

В условиях массового производства двигателей и при их эксплуатации величина η_e может значительно снижаться вследствие отклонений технического состояния деталей и их сопряжений от оптимальных. Причем влияние этих отклонений возрастает по мере повышения степени форсированности двигателей. Значит, такой эксплуатационный фактор, как совершенство сервиса, тоже может быть использован в качестве если не повышения, то сохранения η_e на исходном уровне.

Отмеченные выше прогнозы повышения η_e относятся в основном к дизелям для автомобилей большой грузоподъемности, протекание рабочего процесса которых улучшается по мере роста давлений цикла и является относительно однородным во всех цилиндрах при любом их диаметре и числе, чего нельзя сказать в отношении бензиновых двигателей. У этих двигателей возможности повышения η_e ограничиваются возможностью возникновения аномального сгорания топливозоудной смеси, в частности, детонацией, усиливающейся по мере увеличения диаметра цилиндров и снижения частоты вращения коленчатого вала, при применении наддува и росте неравномерности распределения заряда по цилиндрам. Правда, пути уменьшения отставания двигателей с искровым воспламенением [4] от дизелей по росту η_e все-таки есть. Это организация послыого сгорания топливозоудной смеси (например, при форкамерном зажигании), использование электроники в системах зажигания и питания, увеличение ϵ , применение высокоэффективного наддува. Конкурентоспособность этих двигателей по сравнению с дизелями повышается по мере уменьшения диаметра цилиндров, повышения частоты вращения коленчатого вала, применения топлив с меньшей, чем у бензинов, склонностью к аномальному сгоранию.

Для двигателей данного класса прогнозируют значительное повышение эксплуатационных значений η_e путем отключения части цилиндров для работы на частичных нагрузках, что приводит к снижению дроссельных потерь. Правда, в случае применения подобного решения может затрудниться обеспечение высокой надежности, безопасности и комфортабельности автомобиля вследствие ступенчатости изменения мощности. Поэтому разработка методов количественного регулирования мощности, не имеющих данных недостатков, является весьма актуальной задачей.

Таким образом, прогнозы приближения η_e бензиновых двигателей к уровню, близкому к дизелям с разделенными камерами сгорания, достаточно обоснованы. Тем не менее вследствие

вис отмеченных препятствий повышению наддува возможно-сти дальнейшего улучшения η_e двигателей данного класса, а также их компактности путем уменьшения и утилизации потерь цикла более ограничены, чем у дизелей.

Обобщая данные по η_e автомобильных дизельных силовых установок следующего поколения можно признать обоснованность прогнозов достижимости рекламных значений уровня эффективного КПД дизелей, близкого к уже освоенному ($\eta_e \approx 0,43$) в дизельных установках неаэтомобильного назначения с высокой цилиндровой мощностью. Этим η_e соответствуют удельные расходы топлива нефтяного происхождения менее 196 г/кВт·ч. Данный уровень превышает прогнозируемые величины η_e других видов силовых установок, конкурирующих с дизелями. Если же учесть включение в тракт выпускных газов утилизационных устройств, в особенности с регенерацией тепла, то уровень η_e может быть и значительно больше 0,43.

Таким образом, целевая программа совершенствования автомобильных двигателей в текущем десятилетии должна основываться на первоочередной реализации ряда достаточно проверенных возможностей повышения η_e , таких, как дизелизация, применение турбонаддува (более высокого у дизелей), понижение их скоростного режима в сочетании с мероприятиями по повышению механического КПД, а для двигателей с искровым воспламенением — применение послыого сгорания, повышение степени сжатия, применение электроники. Должны также использоваться резервы улучшения индикаторного процесса путем совершенствования топливной аппаратуры для оптимизации аэродинамики заряда, улучшения регулирования, а также возможности улучшения сочетания характеристик двигателей и автомобилей. Должно быть обращено внимание на повышение не только максимального значения, но и эксплуатационного уровня η_e двигателей. Необходимо систематическое повышение качества изготовления и уровня сервисного обслуживания и т. д. В данную целевую программу должны быть включены — наряду с работами по извещным направлениям — поисковые работы по созданию высокоэффективных теплосиловых установок следующих поколений, включающих двигатели с высоким турбонаддувом и уменьшенным отводом тепла (за счет теплоизоляции), а также утилизационные двигатели с регенерацией тепла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карницкий В. В., Чистозвонов С. Б. Топливная экономичность и скоростные качества грузовых автомобилей среднего класса с дизелями. — Автомобильная промышленность, 1980, № 7, с. 4—8.
2. Автомобильный двигатель ЗИЛ-130 / Г. Ф. Бабкин, М. Е. Дискин, В. Д. Муравьев, В. Т. Панфилов; Под ред. А. М. Кригера. М.: Машиностроение, 1973. 254 с.
3. Муравьев В. Д., Смирнов А. Ф., Григорьев Е. Г. Заводские испытания двигателя ЗИЛ-130Ф. — В сб.: Важнейшие НИР в автопромышленности 1967 г. М.: НИИНАвтропром, 1968, с. 9—14.
4. Костров А. В. Основные направления улучшения экономичности карбюраторных двигателей. — Автомобильная промышленность, 1979, № 5, с. 35—38.
5. Жмудяк Л. М. Исследование возможностей совершенствования рабочих процессов быстроходных дизелей: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. М.: МАДИ, 1974. 10 с.
6. Внедрение керамических материалов в конструкцию дизелей. — Автомобильная промышленность США, 1980, № 5, с. 4—7.
7. Рикардо Г. Быстроходные двигатели / Пер. с англ.: Под ред. М. Г. Круглова. М.: Машгиз, 1960. 411 с.
8. Токарь В. В. К вопросу о турбулентности в впускном тракте и цилиндре двигателя внутреннего сгорания. — Труды НАМИ. М.: ОНТИ — НАМИ, 1981, вып. 183, с. 60—64.

Автоматизированные системы расчета рабочих процессов — эффективное средство ускорения работ по созданию и совершенствованию двигателей

Канд. техн. наук Б. А. КИСЕЛЕВ, канд. физ.-мат. наук В. И. ИБРАГИМОВ,
В. Н. ТУПИКИН, В. М. ФОМЧЕНКО

НАМИ

В РЯДЕ научно-исследовательских центров, двигателе- и автомобилестроительных фирм [1] были разработаны комплексы программ расчета, использование которых, наряду с экспериментальными исследованиями, позволило в последние годы улучшить мощностные показатели, повысить топливную экономичность, снизить уровни токсичности и дымности отработавших газов двигателей. Эффективность таких программ и расчетных исследований существенно повышается при последовательном использовании их в общем комплексе научно-исследовательских работ, начиная с проработки технического задания и стадии рабочего проектирования. Это позволяет сократить до минимума число опытных вариантов узлов и агрегатов двигателей, подлежащих окончательной экспериментальной проверке. Системы программ расчета на ЭВМ рабочих процессов, механической и тепловой напряженности являются одним из эффективных средств ускорения и повышения качества разработки двигателей.

Вопросы, связанные с проблемами практического использования математического моделирования рабочих процессов, тепловой и механической напряженности двигателей, автоматизации их разработки были рассмотрены на всесоюзных конференциях [2 и 3]. В настоящее время в основном решена проблема обеспечения необходимой для практических целей точности и надежности результатов расчетных исследований процессов газообмена, турбо- и газодинамического наддува, топливоподдачи и определения близких к оптимальным параметров системы газораспределения, впускной и выпускной систем и т. д. Вместе с тем пока можно привести лишь немногие примеры значительного улучшения конструкции и технико-экономических показателей, полученных в результате реализации указанных выше исследований. Представляет интерес опыт НАМИ по разработке автоматизированной системы расчета рабочих процессов автомобильных двигателей.

Проводимые в НАМИ работы ставили своей целью обеспечить на основе расчетных исследований рабочих процессов выбор близких к оптимальным параметров конструкции узлов и деталей, непосредственно влияющих на мощность, расход топлива, токсичность отработавших газов и другие показатели двигателей различных типов. Выполнение этой задачи начиналось с разработки математических моделей, достаточно полно и точно описывающих реальные процессы в цилиндрах во взаимосвязи с неустановившимися потоками во впускной и выпускной системах.

Такой подход связан с рассмотрением сложных задач математической физики, которые решаются только на ЭВМ. Исходные системы уравнений для ряда постановок задач о рабочих процессах в двигателях приведены в работах [4 и 5]. Наиболее совершенная из них включает следующие положения: реальные неустановившиеся турбулентные потоки во впускных и выпускных системах рассматриваются как одномерные, рабочее тело — как многофазная многокомпонентная среда с механическими и тепловыми взаимодействиями между фазами, фазовыми превращениями, а процессы в цилиндрах и других «граничных» элементах газозоудушного тракта — квазистатическими. На основе такой и несколько более простых постановок задачи был разработан ряд последовательно усложняющихся программ расчета для двигателей с индивидуальными впускными и выпускными трубопроводами, с простейшими схемами разветвленных трубопроводов, с рассмотрением в цилиндрах вначале лишь процессов газообмена, а затем и всего рабочего цикла. В зависимости от степени сложности длительность разработки каждой из таких программ расчета составляла от одного до трех лет, а затраты машинного времени на каждую расчетную точку изменялись от нескольких минут до нескольких часов.

Для обеспечения адекватности разрабатываемых моделей реальным процессам и необходимой точности и надежности результатов расчетов был выполнен совместно с заводами большой комплекс расчетных и экспериментальных исследований по дизелям ЯМЗ размерности $D/S=130/140$ и опытному шестцилиндровому V-образному карбюраторному двигателю ГАЗ размерности $92/75$. Результатом этих работ яви-

лось получение ряда новых и уточнение существующих представлений об особенностях влияния режимов работы и основных конструктивных параметров на показатели двигателей. На основании полученных результатов были выданы рекомендации, которые позволили улучшить наполнение цилиндров, топливную экономичность, повысить максимальный крутящий момент и мощность двигателей. В частности, за счет реализации предложенного изменения фаз газораспределения наполнение дизеля ЯМЗ-238 было повышено на 5—7%, а удельный расход топлива по скоростной характеристике понижен на 2,7—4,7 г/кВт·ч. Улучшение наполнения, повышение максимального крутящего момента и мощности за счет уточнения параметров и разработки новой схемы впускного трубопровода (А. с. № 375398, СССР) по скоростной характеристике составило соответственно 5,5—8,5; 6 и 9%, а снижение удельного расхода топлива и средней токсичности отработавших газов — 4—12 и 7—5% [6]. Реализация рекомендаций по изменению фаз газораспределения, конструктивной схемы и параметров впускной системы опытных моделей двигателей с впрыском топлива, подтвержденными экспериментально в НАМИ, на ГАЗ, ЗМЗ, АЗЛК и ЦНИТА, обеспечила удовлетворение требованиям технических заданий, а также повышение наполнения по сравнению с базовыми карбюраторными моделями двигателей на 10—15%.

Полученные результаты хотя и соответствовали в целом современному уровню математического моделирования и расчетным исследованиям рабочих процессов, но не решали проблемы существенного влияния на практический ход работ по разработке и совершенствованию двигателей. Сложность и трудоемкость разработки и доводки программ расчета рабочих процессов долгое время затрудняли получение необходимого комплекса программ, позволяющего рассчитывать основные модели автомобильных двигателей. Положение принципиально изменилось после создания автоматизированной системы генерации (разработки и отладки) программ расчета рабочих процессов существующих и перспективных автомобильных двигателей — первой в СССР и странах СЭВ и, насколько можно судить по литературным данным, не имеющей аналогов за рубежом.

Укрупненно структура разработанной автоматизированной системы расчета показана на рис. 1. Она включает в себя подсистемы генерации программ расчета, дополнения и изменения библиотеки математических моделей и рабочих программ расчета. По определенным правилам готовится описание исследуемой схемы. Это описание вводится в подсистему генерации, которая генерирует программу расчета и выдает инструкцию по необходимому перечню исходных данных, описывающих геометрию объекта исследования и режим работы

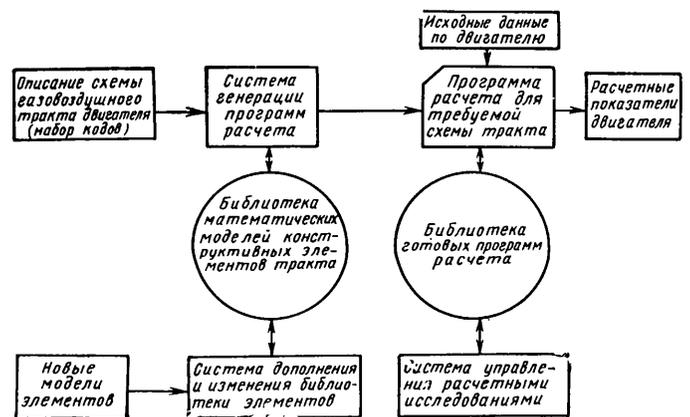


Рис. 1. Укрупненная схема автоматизированной системы расчета рабочих процессов двигателя

Таблица 1

Наименование элементов в библиотеке системы	Особенности элемента, процесса	Условное изображение в схеме тракта	Инд.кс типа
Цилиндр	Газообмен, сжатие, теплоподвод, теплоотвод, расширение	Ц	200
Участок трубопровода	Сечение постоянное, сечение переменное	—	11
Участок резкого изменения сечения	Расширение трубопровода, сужение трубопровода	—	170
Узел разветвления		—	130
Емкость	Узел разветвления, фильтр, глушитель шума	—	150
Открытый конец трубопровода		—	101
Участок местного сопротивления	Дроссельная заслонка, выступ, участок поворота	—	160
Турбина турбокомпрессора		Т	300
Компрессор		К	320
Теплообменник	Охладитель, подогреватель	—	45

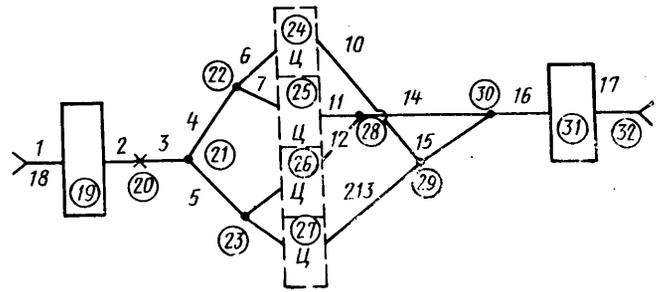


Рис. 2. Принципиальная схема газозвдушного тракта четырехцилиндрового двигателя

значительное (с 1—3 лет до 1—2 недель) сокращение времени от запроса до начала расчетных исследований, что достигается за счет машинной генерации программ расчета и исключения необходимых при ручном программировании этапов разработки математических моделей, алгоритмов счета, программирования и отладки;

возможность получения программы расчета объекта исследования практически с любой конструктивной схемой тракта. Это позволяет расчетным путем оценивать изменение показателей двигателя при установке его на моторный стенд, на шасси автомобиля и при использовании в других силовых установках. Достигается такая возможность за счет синтеза программ из элементов — модулей с открытыми связями;

возможность в процессе расчетных исследований не только оптимизации параметров конструкции двигателя с исходной конструктивной схемой газозвдушного тракта, но и выбора оптимальной его схемы;

простота и доступность работы с системой, которые обеспечиваются устранением необходимости в программировании для получения исходных программ расчета, простотой кодирования объекта исследования, а также использованием привычных понятий и параметров;

расширение банка математических моделей процессов в конструктивных элементах газозвдушного тракта за счет имеющейся в системе библиотеки и средств ее обновления.

Важной положительной особенностью современных расчетных исследований рабочих процессов двигателя, в том числе по программам расчета, генерируемым настоящей автоматизированной системой, является взаимосвязанное рассмотрение всей совокупности термогазодинамических процессов с учетом конструктивной схемы газозвдушного тракта и параметров его элементов, цилиндро-поршневой группы, газораспределения, основных особенностей режимов работы, изменения параметров рабочего тела по длине тракта и во времени.

Это значительно расширяет возможности расчетных исследований. Ниже приводятся интегральные показатели и параметры рабочего цикла, отнесенные к одному цилиндру и определенные расчетом для дизеля с воздушным охлаждением ($D/S = 120/125$, $\epsilon = 18,2$, $n = 2000$ мин⁻¹; $\alpha = 1,42$, $\Phi_{н.впр} = 26^\circ$ до ВМТ).

Параметры и показатели, обычно определяемые экспериментально:

среднее эффективное давление $p_e = 0,825$ МПа;

Таблица 2

Протяженные элементы (трубопроводы постоянного и переменного сечений)				Граничные элементы		
№ в схеме тракта	Индекс типа	№ граничного элемента слева	№ граничного элемента справа	№ в схеме тракта	Индекс типа	Число подходящих элементов
1	11	18	19	18	101	1
2	11	19	20	19	150	2
3	11	20	21	20	160	2
4	11	21	22	21	130	3
5	11	21	23	22	130	3
6	11	22	24	23	130	3
7	11	22	25	24	200	2
8	11	23	26	25	200	2
9	11	23	27	26	200	2
10	11	24	29	27	200	2
11	11	25	28	28	130	3
12	11	26	28	29	130	3
13	11	27	29	30	130	3
14	11	28	30	31	150	2
15	11	29	30	32	101	1
16	11	30	31			
17	11	31	31			

двигателя. Эта программа заносится в библиотеку программ расчета и доступна для автономного использования или для проведения расчетов посредством подсистемы управления расчетными исследованиями. На этом этапе работы с системой не требуется какого-либо программирования, и поэтому она может осуществляться инженерами, не имеющими специального математического образования.

Подсистема дополнения и изменения библиотеки математических моделей предназначена для математико-программистов, которые осуществляют развитие системы и библиотеки математических моделей процессов в элементах газозвдушного тракта двигателя. Этим обеспечивается возможность длительного использования системы без принципиальных ее изменений. В настоящее время библиотека включает более 30 различных моделей и их модификаций (табл. 1).

Необходимое для автоматизированного синтеза программ расчета однозначное описание и представление в ЭВМ объекта исследования обеспечивается посредством четырехиндексной системы кодирования. Для протяженного элемента газозвдушного тракта (участки трубопроводов постоянного и переменного поперечных сечений) указывается его порядковый номер в схеме и номера граничащих с ним элементов (табл. 2). Дополнительно задается тип математической модели, описывающей процессы в этом элементе (рис. 2). Для граничного элемента указываются порядковый номер, тип и модификация математической модели, а также количество подходящих к нему протяженных элементов. Подготовка исходных данных и генерация занимают 1—2 ч, в том числе около 30 мин машинного времени ЭВМ ЕС-1022.

Входящие в состав системы указанные взаимосвязанные подсистемы в полной мере обеспечивают выполнение поставленных перед ней задач;

эффективный крутящий момент $M_e = 95,93$ Н·м;
 эффективная мощность $N_e = 20,08$ кВт;
 расход топлива $G_T = 4,54$ кг/ч;
 удельный эффективный расход топлива $g_e = 226,2$ г/кВт·ч;
 коэффициент наполнения $\eta_v = 0,916$.

Параметры и показатели, определяемые специальными экспериментальными исследованиями:
 среднее индикаторное давление $p_i = 1,025$ МПа;
 среднее давление механических потерь $p_{т.п.} = 0,173$ МПа;
 среднее давление насосных потерь $p_{н.п.} = 0,033$ МПа;
 среднее давление потерь на впуске $p_{н.вп.} = 0,019$ МПа;
 максимальное давление сгорания $p_z = 9,87$ МПа;
 угол поворота коленчатого вала, соответствующий $p_z = 6^\circ$ после ВМТ;

индикаторный крутящий момент $M_i = 115,4$ Н·м;
 индикаторная мощность $N_i = 24,16$ кВт;
 удельный индикаторный расход топлива $g_i = 188,1$ г/кВт·ч,
 индикаторный КПД $\eta_i = 0,435$;
 относительная доля тепла, уходящая в охлаждающую среду $q_w = 0,279$;
 коэффициент остаточных газов $\gamma_r = 0,04$;
 относительная доля тепла, уходящая с отработавшими газами $q_r = 0,294$.

Параметры и показатели, пока практически не доступные для экспериментального определения:

максимальная температура сгорания $T_z = 1969$ К;
 угол поворота коленчатого вала, соответствующий $T_z = 21,5^\circ$ после ВМТ;
 момент количества движения одного кг воздушного заряда $M_3 = 3,32$ Дж·с/кг;
 средняя скорость топливного факела $\omega_T = 208$ м/с;
 средняя кинетическая энергия топливного факела, $E_T = 1,64$ Дж;
 отношение энергии воздушного заряда и топливного факела $e_1 = 3,0$;
 энергия заряда, приходящаяся на мг топлива $e_2 = 0,065$ Дж;
 энергия заряда, приходящаяся на 1000 см³ рабочего объема $e_3 = 3,5$ Дж;
 вихревое отношение $\omega = 8,8$.

Из сказанного выше, а также из рис. 3 и 4 следует возможность расчетного исследования наряду с эффективными показателями, обычными для доводочно-экспериментальных работ (см. сплошные кривые на рис. 3 и 4), индикаторных и ряда других интегральных показателей и параметров, определяемых лишь в случаях специальных экспериментальных исследований (коэффициент остаточных газов γ_r , относительные потери тепла в охлаждающие среды q_w и с отработавшими газами q_r , скорости потока $\omega_{вп.}$, $\omega_{вып.}$ в горловинах

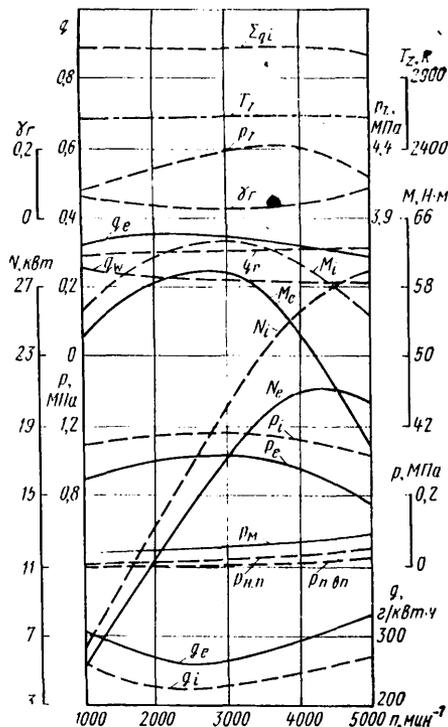


Рис. 3. Расчетная скоростная характеристика четырехцилиндрового карбюраторного двигателя размерности $D/S = 92/92$
 3 Зак. 411

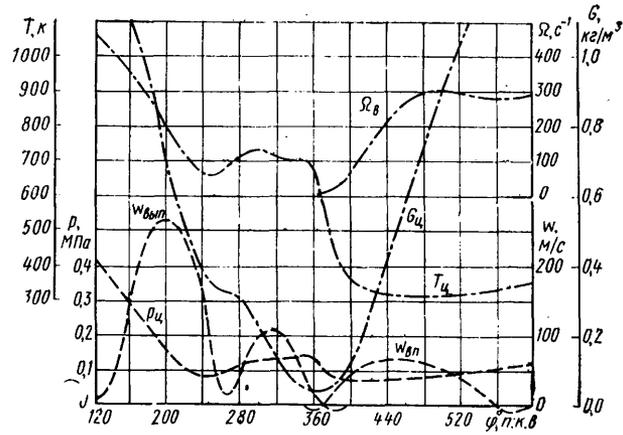


Рис. 4. Изменение по углу поворота коленчатого вала термодинамических параметров шестицилиндрового дизеля воздушного охлаждения ($D/S = 120/125$; $\epsilon = 18,2$; фазы: 115—387, 346—601° п. к. в.; $n = 2000$ мин⁻¹; $\alpha = 1,42$; $\Phi_{н.вп} = 26^\circ$ до ВМТ)

впускного и выпускного каналов и др. — штриховые линии), или вообще пока практически не доступных для экспериментального определения (изменение по углу поворота коленчатого вала количества G и температуры T газов в цилиндре, скорости вращения заряда и др. — пунктирные линии). Рас-

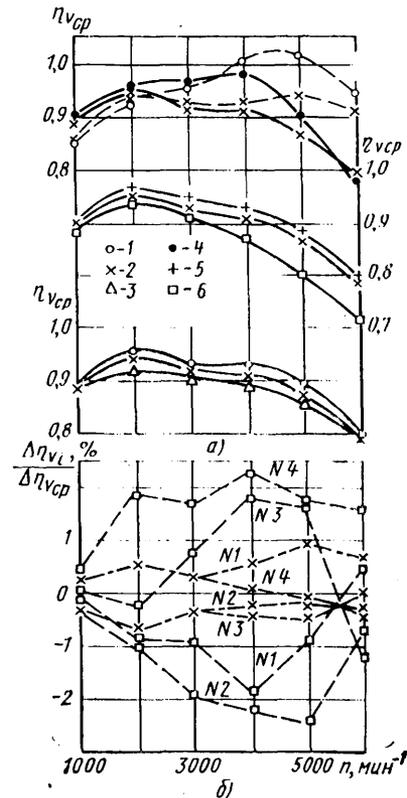


Рис. 5. Изменение среднего для двигателя коэффициента наполнения (а) и неравномерности наполнения воздушным цилиндрами (б) четырехцилиндровых карбюраторных двигателей с различными схемами впускной системы и системы питания [сплошные линии — $iV_h = 15000$ см³, штриховые — $iV_h = 1100$ см³, пунктирные линии — схема I, штрихпунктирные — схема II (рис. 6)]:
 1 — $\mu = 1,0$; 2 — $\mu = 0,5$; 3 — $\mu = 0,5$ — для схемы I; 4 — $\mu = 1,0$; 5 — $\mu = 0,5$ — для схемы II; 6 — $\mu = 0,5$ — для схемы III

смотрение их дает при последовательном изменении каждого из параметров или при проведении расчетов с использованием теории планирования эксперимента необходимый материал

для технически обоснованного выбора не только конструктивных параметров элементов газозвдушного тракта, но и его схемы. Это, в частности, следует из представленных на рис. 5 результатов расчетного определения среднего для двигателя коэффициента наполнения $\eta_{V\text{ ср}}$ (рис. 5,а) и неравномерности наполнения $\eta_{Vi}/\eta_{V\text{ ср}}$ (рис. 5,б) цилиндров моделей четырехцилиндровых карбюраторных двигателей размерности $D/S = 76/61$ ($iV_h = 1100 \text{ см}^3$) и $82/71$ (1500 см^3) при различных системах питания топливом (карбюраторной с постоянным диффузором $\mu = 0,5$, с переменным диффузором $\mu \leq 0,5$ и впрыском топлива $\mu = 1$), представленных на рис. 6.

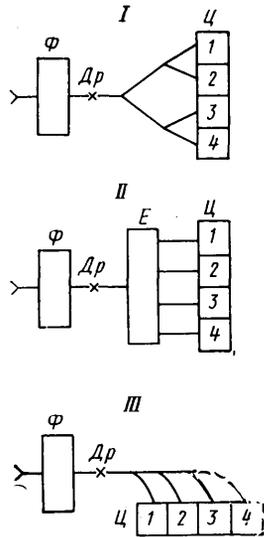


Рис. 6. Конструктивные схемы (I—III) рассчитанных впускных систем

Лучшими показателями по сравнению с карбюраторными двигателями обладает двигатель с впрыском топлива. Получающиеся при этом относительные различия по η_V для традиционной схемы I системы впуска карбюраторных двигателей составляют по скоростной характеристике 0—6%.

С точки зрения выходных технико-экономических показателей и неравномерности наполнения цилиндров воздухом наилучшей оказывается симметричная схема II впускной системы с емкостью — узлом разветвления E, характерная для двигателей с впрыском бензина, а наихудшей — несимметричная с последовательным разветвлением схема впускной системы III, распространенная в дизелях.

Возможности математического моделирования и расчетных исследований таких процессов, как смесеобразование и сгорание таковы, что в настоящее время нельзя учитывать всех особенностей влияния на них параметров камеры сгорания, топливоподачи, режима работы. Этим определяется особая значимость дальнейшего развития в разработанной системе расчетов этих процессов. Решение задачи во многом зависит от возможностей ЭВМ и наличия достоверных результатов экспериментальных исследований процессов смесеобразования и сгорания, а также полностью автоматизированной обработки индикаторных диаграмм в последовательных циклах по всей гамме характерных для автомобильных двигателей режимов работы, включая переходные.

Вместе с тем важно еще раз подчеркнуть, что при помощи численного эксперимента уже в настоящее время можно значительно сузить область варьирования параметрами и сократить число опытных вариантов, подлежащих окончательной экспериментальной проверке.

Посмотря на то, что система должна непрерывно развиваться и совершенствоваться, она и на данном уровне может успешно применяться в процессе проектирования и доводки двигателей, выпускаемых в одиннадцатой пятилетке, и перспективных. Для этого запланировано последовательное проведение расчетных исследований рабочих процессов всех основных моделей отечественных автомобильных двигателей, уточнение конструктивных схем и параметров их впускной и выпускной систем, газораспределения и некоторых других узлов и деталей, непосредственно влияющих на технико-экономические показатели двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Montgomerie Graham*. Ministering to special needs. *Commer. Mot.*, 1980, V. 151, № 3848, pp. 38—41.
2. *Проблемы автоматизации разработки двигателей*. — Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. М., 1978, с. 176.
3. *Перспективы развития комбинированных двигателей внутреннего сгорания и двигателей новых схем и топлив*. — Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. М., 1980, с. 166.
4. *Ибрагимов В. И., Киселев Б. А.* Постановка задачи и метод расчета процессов смесеобразования во впускном тракте карбюраторного двигателя. — Труды НАМИ, М., 1976, вып. 160, с. 99—115.
5. *Ибрагимов В. И., Киселев Б. А., Семенова А. С.* Математическая модель нестационарного течения топливовоздушной смеси во впускном тракте автомобильного двигателя. — Межвузовский сб. науч. трудов «Газодинамика многофазных потоков в энергоустановках». Харьков, 1980, с. 51—58.
6. *Исследование газодинамических процессов во впускной системе карбюраторного двигателя с целью повышения его технико-экономических показателей* / С. А. Глаговский, Б. Р. Ибрагимов, Б. А. Киселев, Б. А. Куров. — Конструкция автомобилей. Экспресс-информ. 1979, № 10, с. 5—13.

Снижение металлоемкости рам транспортных средств

Канд. техн. наук А. П. МЕЛЬЧАКОВ, В. С. ФЕЛЬЗЕНШТЕЙН, Ю. И. ПОНОМАРЕВ

Челябинский политехнический институт им. Ленинского комсомола,
Челябинский машиностроительный завод автотракторных прицепов

ПРИМЕНЕНИЕ высокопрочных сталей, а также различные технологические и конструктивные мероприятия, направленные на повышение надежности элементов конструкций, обеспечивают существенное снижение массы металлоконструкций. Однако снижение металлоемкости может быть достигнуто также и за счет рационального использования прочностных свойств металла, потраченного на изготовление конструкции, путем регулирования усилий в ее элементах [1] на стадии проектирования. Ниже предлагается один из возможных вариантов решения задачи оптимального проектирования рам транспортных машин при действии на них квазистатических нагрузок.

Регулирование усилий в элементах рамы может быть выполнено различными способами, например изменением конструктивных форм, выбором рациональных схем передачи нагрузок, подбором погонных жесткостей элементов рамы и т. д. Основная цель всего арсенала способов активного проектирования — создать близкую к равнопрочной конструкции, прочностные свойства металла в которой используются наиболее рационально.

Привлекая к анализу методы строительной механики, раму транспортного средства можно рассматривать как тонкостенную систему со сложной топологией. Прочностной анализ такой системы проводится методом конечных элементов. При использовании этих методов для вычисленных полей эквивалентных напряжений вводятся следующие показатели: $\bar{\sigma}$ — среднеарифметическое значение напряжений, характеризующее средний уровень напряжений в конструкции; $\bar{\sigma}$ — среднеквадратичное отклонение напряжений от величины $\bar{\sigma}$, характеризующее разброс поля напряжений и, следовательно, степень равнопрочности конструкции при данном виде нагружения. При определении этих показателей в расчеты вводятся максимальные эквивалентные напряжения в конечных элементах, образующих расчетную схему рамы, и задача оптимального проектирования рам транспортных средств может быть сформулирована следующим образом: отрегулировать распределение усилий в элементах рамы так, чтобы наряду с заданными конструктивными и техноло-

гическими ограничениями выполнялись неравенства $\bar{\sigma} \geq \sigma_1$, $\sigma_0 > \sigma_1 \rightarrow \min$, где индекс «0» относится к серийной (прототипу), а индекс «1» — к проектируемой конструкции. Такая постановка задачи связана с выполнением большого числа расчетов и поэтому немыслима без ЭВМ. Ниже приводятся результаты проектирования облегченного варианта рамы прицепа ПТС-9 ММЗ-771 грузоподъемностью 9 т и обоснование снижения ее металлоемкости.

При проектировании облегченного варианта рамы были использованы следующие виды квазистатических нагрузок: 1 — оба кузова нагружены; 2 — передний кузов разгружается с зависанием груза, задний кузов нагружен; 3 — задний кузов разгружается с зависанием груза, передний кузов нагружен. (Два последних вида отражают экстремальные случаи квазистатического нагружения рамы).

Расчет рамы прицепа ПТС-9 ММЗ-771 и ее различных облегченных вариантов выполнялся на ЭВМ по программе «РАТОСС-1» [2].

При разработке облегченного варианта рамы учитывались конструктивные и технологические требования, предъявляемые к прицепам этого класса, а также возможности завода по их изготовлению. При назначении конструктивной схемы передачи усилий на раму со стороны подвески было решено отказаться от подрамника, а для сохранения общей высоты прицепа при унификации подвески высота гнутого профиля лонжерона была увеличена до 380 мм (270 мм у серийной рамы). Вместо «гусака» предусматривалось прямое облегченное дышло, приваренное для сохранения высоты буксирного крюка под углом к основной части рамы. Отказ от подрамника привел к выравниванию жесткостей элементов лонжеронов и, как следствие, к выравниванию полей напряжений в них.

Предварительные расчеты облегченных вариантов рам с указанными изменениями в конструкции показали, что грузоподъемность рамы может быть увеличена до 11 т, поэтому дальнейшие исследования облегченных вариантов рам проводились именно на эту полезную нагрузку.

Как показали расчеты, изменение положения поперечин по длине рамы приводит к изменению

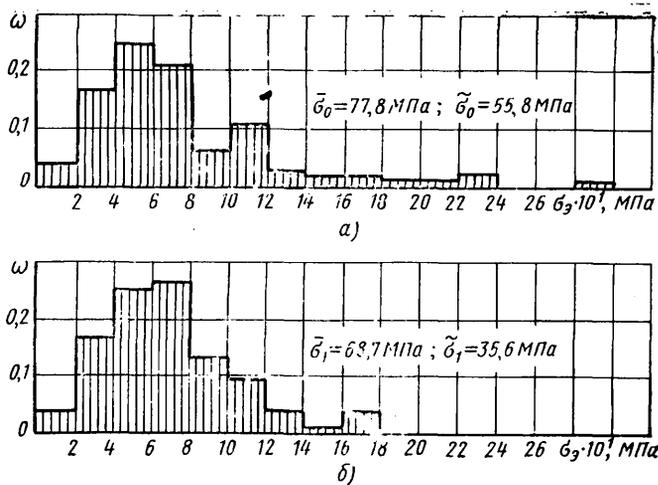


Рис. 1. Гистограммы распределения полей эквивалентных напряжений в серийной (а) и экспериментальной (б) рамах при втором виде нагружения

погонных жесткостей примыкающих к ним стержней, а следовательно, к перераспределению усилий в элементах рамы как статически неопределимой системы. Было найдено оптимальное расположение поперечин, соответствующее наименьшему разбросу поля эквивалентных напряжений.

Результаты анализа полей напряжений серийной и расчетной экспериментальной рам приведены на рис. 1 и 2. На рис. 1 показаны гистограммы распределения максимальных эквивалентных напряжений в конечных элементах (стержнях), образующих расчетные схемы рам, а также значения показателей $\bar{\sigma}$ и $\tilde{\sigma}$ для второго вида нагружения.

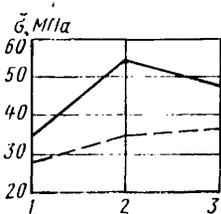


Рис. 2. Изменение показателей $\bar{\sigma}$ полей эквивалентных напряжений в серийной (сплошная линия) и экспериментальной (штриховая линия) рамах при различных видах нагружения (1, 2, 3)

Из гистограмм следует, что поле напряжений в серийной раме имеет резко выраженный неравномерный характер. Наибольшие эквивалентные напряжения (порядка 300 МПа) возникают в районе крепления подрамника и по сравнению с другими частями рамы явно завышены. В экспериментальной раме разброс поля эквивалентных напряжений существенно снизился (рис. 1, б), наибольшие эквивалентные напряжения были порядка 180 МПа.

На рис. 2 показано изменение показателя $\bar{\sigma}$ полей эквивалентных напряжений при переходе от серийной рамы к экспериментальной при различных видах нагружения. Из этих графиков видно, что разброс полей эквивалентных напряжений в экспериментальной раме (штриховая линия) меньше при всех рассмотренных видах нагружения. Уменьшение разброса привело к снижению металлоемкости экспериментальной рамы (коэффициенты удельной металлоемкости для экспери-

ментальной и серийной рам соответственно равны 0,068 и 0,110).

Таким образом, целенаправленное регулирование усилий в элементах рамы на стадии проектирования приводит к выравниванию полей напряжений в них и, как следствие, к снижению металлоемкости конструкции.

Для получения фактических полей напряжений, которые могут отличаться от расчетных неучтенными в расчетной схеме факторами, было проведено экспериментальное исследование опытной рамы методом электротензометрирования [3] на специальном стенде, позволяющем имитировать различные случаи квазистатического нагружения. Анализ результатов эксперимента показал, что составляющие нормальных напряжений, связанные с изгибом элементов рамы, достаточно хорошо совпадают с вычисленными теоретически по программе «РАТОСС-1». Но несмотря на то, что общий характер и уровень теоретических и экспериментальных полей эквивалентных напряжений согласуются, составляющие нормальных напряжений от стесненного кручения отличаются от теоретических. Причина такого расхождения, на наш взгляд, состоит в том, что в расчетной схеме, использованной в программе «РАТОСС-1», узлы рамы традиционно [4 и 5] аппроксимировались точкой, в то время как особенности конструкционного оформления узлов должны значительно влиять на распределение напряжений, и особенно напряжений от стесненного кручения. На основании эксперимента можно сделать вывод, что расчетная схема, положенная в основу программы «РАТОСС-1», позволяет правильно определить характер и уровень полей эквивалентных напряжений в рамах в условиях квазистатических нагружений. Более того, при сравнении показателей $\bar{\sigma}$ и $\tilde{\sigma}$ полей напряжений различных вариантов рам ошибки, вызванные различием расчетной схемы и действительной конструкции, в известной мере, компенсируются.

В заключение следует отметить, что окончательный вывод о работоспособности выбранного облегченного варианта рамы может быть сделан после проведения теоретических и экспериментальных исследований сравнительной усталостной долговечности от воздействия случайного микропрофиля дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лащенко М. Н. Регулирование напряжений в металлических конструкциях. М.: Стройиздат, 1966. 191 с.
2. Фельзенштейн В. С., Мельчиков А. П. Расчет на ЭВМ рам-прицепов открытого типа. — Конструкции автомобилей: Экспресс-информ., 1979, № 11, с. 5—9.
3. Пригоровский Н. И. Экспериментальные методы определения напряжений как средство исследования при усовершенствовании машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1970. 105 с.
4. Горбунов Б. Н., Стрельбицкая А. И. Теория рам из топкостенных стержней. — М. — Л.: Гостехиздат, 1948. 199 с.
5. Иванов А. А. Расчет автомобильных рам методом конечных элементов. — Автомобильная промышленность, 1973, № 4, с. 26—28.

Автоматизированные методы исследования напряженного состояния как средство оптимизации массы и прочности колес

Член-корр. АН СССР Э. И. ГРИГОЛЮК, д-р физ.-мат. наук А. Н. ФРОЛОВ,
канд. техн. наук И. В. БАЛАБИН, канд. физ.-мат. наук В. С. БОНДАРЬ,
Н. И. МАГЕРРАМОВ, канд. физ.-мат. наук Л. Г. СУХОМЛИНОВ

Московский автомеханический институт, Центральный научно-исследовательский автополигон НАМИ

В УСЛОВИЯХ, когда допустимые нагрузки на колесо имеют тенденцию к возрастанию, а требования к его прочности остаются высокими, задача проектирования колеса с жесткими ограничениями по массе связана с необходимостью решать многие серьезные проблемы.

До настоящего времени новые разработки в колесном производстве в значительной мере основывались на накопленном опыте и на эксперименте. Такой подход при решении задачи оптимального проектирования колес имеет ограниченные возможности и связан с большими материальными затратами и затратами времени. Поэтому используют расчетные методы. В частности, сейчас широко применяют инженерный метод расчета напряженного состояния обода колеса грузового автомобиля при действии осесимметричной системы нагрузок [1]. Развитие электронно-вычислительной техники дает возможность по-новому подойти к расчету автомобильного колеса, используя современные методы строительной механики, формализовать процесс расчета и сделать его доступным для специалистов, не имеющих специальной подготовки. В конечном счете, применение этих методов в практике проектирования должно дать снижение массы колес и повысить их несущую способность.

ЦКТБ колесного производства (г. Челябинск), Московский автомеханический институт и Автополигон НАМИ работают совместно над теоретическим исследованием и созданием методов расчета напряженного состояния элементов колес при различных условиях нагружения, анализом и обобщением материалов нагруженности колес в условиях эксплуатации, экспериментально проверяют расчетные методы.

Анализ конструкции колес автомобилей различного назначения, а также нагрузок, действующих на колеса в процессе эксплуатации, позволяет выделить следующие расчетные методы: конструкция и нагрузка осесимметричны; конструкция осесимметрична, нагрузка неосесимметрична; конструкция и нагрузка неосесимметричны.

В первом приближении с целью оценки напряженного состояния колеса (обода и диска) можно принять осесимметричную модель, для которой также возможны конструктивные отличия, требующие при расчетах использования различных методов строительной механики. Например, колесо легкового автомобиля, имеющего тонкостенный профиль по всему сечению, с достаточной для практики точностью можно исследовать, используя теорию тонких оболочек, построенную на гипотезах Кирхгофа—Лява. При расчете утолщенных профилей может возникнуть необходимость в применении теории оболочек, учитывающей деформацию переднего сдвига. И наконец, при исследовании напряжений в различного рода утол-

щениях и местах резких скруглений может потребоваться расчет на основе уравнений теории упругости.

Строительная механика располагает достаточным набором методов и алгоритмов для решения задачи о напряженном состоянии как тонкостенных, так и толстостенных осесимметричных конструкций [2—4]. Эти методы и алгоритмы были использованы и реализованы авторами в виде программ на языке АЛГОЛ - 60 для ЭВМ БЭСМ-6.

1. Программа для определения напряженного состояния осесимметрично нагруженной конструкции на основе теории тонких оболочек [3]. Эта программа позволяет рассчитывать осесимметричную тонкостенную конструкцию, которую можно представить в виде последовательно соединенных в одну цепочку элементарных оболочек вращения (круглых пластин, цилиндров, конусов, торов). На стыках оболочек допускается наличие колец с недеформируемым поперечным сечением. Оболочки в общем случае предполагаются конструктивно анизотропными. Это позволяет включать в расчет различные неоднородности конструкции по схеме «размазывания».

Краевая задача для системы обыкновенных дифференциальных уравнений шестого порядка, описывающих поведение конструкции, решается численными методами путем сведения к задачам Коши. Для обеспечения устойчивости процесса численного интегрирования используется метод дискретной ортогонализации С. К. Годунова.

2. Программа для определения напряженного состояния осесимметрично нагруженной конструкции на основе теории оболочек, учитывающей деформацию поперечного сдвига. Эта программа позволяет рассчитывать конструкции при тех же предположениях относительно их строения, что и предыдущая программа. Отличие состоит лишь в том, что используемая система дифференциальных уравнений шестого порядка учитывает деформацию поперечного сдвига. Программа построена на тех же принципах, что и предыдущая.

3. Программа для определения напряженного состояния тонкостенной конструкции при осесимметричном и неосесимметричном нагружении [2]. Эта программа позволяет рассчитывать осесимметричную конструкцию, которую (в отличие от рассмотренных выше случаев последовательного соединения) можно представить в виде произвольно соединенных друг с другом элементарных оболочек вращения [2]. Таким образом, в одном расчете можно сразу рассмотреть в единой композиции обод и диск независимо от того, в каком месте они скреплены.

В основу программы положены уравнения теории тонких конструктивно анизотропных оболочек. После разложения компонент напряженно-

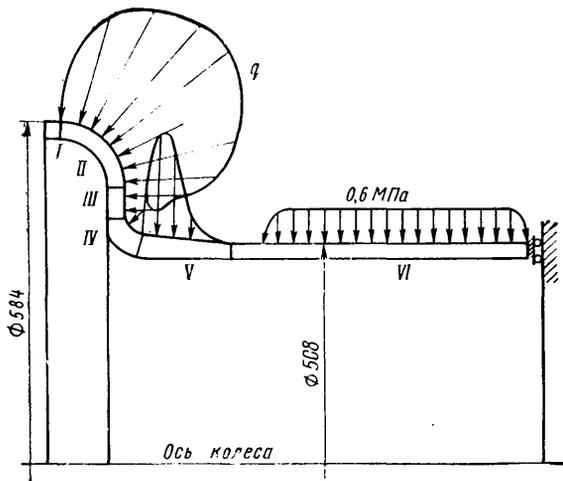


Рис. 1.

метрических и механических параметров конструкции, что любое конструктивное изменение профиля колеса означает для них лишь изменение числовых исходных данных. Вместе взятые программы позволяют приступить к комплексному исследованию напряженного состояния различных типов колес. Рассмотрим результаты исследования осесимметрично нагруженного обода колеса грузового автомобиля общего назначения (рис. 1).

На рис. 1 показана схема разбивки обода на элементарные оболочки I—VI для расчета по методикам теории оболочек и найденный экспериментально эпюр нагрузок, действующих на обод.

На первый взгляд, расчет по оболочечной модели должен был бы привести к значительным погрешностям в области закраины, поскольку она аппроксимируется набором толстых, по сравнению с соответствующими радиусами кривизны, элементарных оболочек.

На рис. 2, а, б приведены результаты расчета меридиональных и кольцевых напряжений σ_{11} , σ_{22} на внутренней поверхности обода, а также показаны для сравнения соответствующие результаты эксперимента и расчета на основе инженерной методики [1].

Как видно из графиков, результаты расчетов по оболочечной модели (кривая 1) и инженерной методике (кривая 2) хорошо согласуются между собой и с экспериментом (на рис. 2 показаны точки). Причину такого хорошего согласования результатов можно установить, если проанализировать предположения, лежащие в основе инженерной методики.

Достаточная толстостенность профиля закраины дает основание предположить, что ее поведение должно быть близким к поведению кольца с недеформируемым поперечным сечением, т. е. решающий вклад в работу закраины вносят кольцевые напряжения. Решив задачу о совместной деформации кольца и состыкованного с ним толстостенного цилиндра, можно приступить к определению внутренних силовых факторов в закраине вдоль ее меридиана. Поскольку на торце закраины реакция со стороны цилиндра известна, усилия и моменты в любом нормальном сечении закраины можно определить из уравнений равновесия для вырезанного из закраины элементарного кольца. После определения внутренних моментов трудно оценить максимальные напряжения в меридиональном направлении, которые в данном случае, в отличие от кольцевых напряжений, могут быть получены из уравнений равновесия.

Очевидно, что оболочечная расчетная схема при работе закраины по модели кольца автоматически включает в себя с той же точностью изложенные расчетные операции. При этом точное задание геометрии и толщины оболочечных элементов обеспечивает автоматическую оценку жесткостных параметров закраины как кольца.

В такой зоне скруглений, какой является участок перехода закраины к посадочной полке, всегда есть опасность появления концентрации напряжений, которую можно не обнаружить при помощи эксперимента и упрощенных расчетных моделей. В этом случае может потребоваться расчет на основе более общего подхода, например на основе объемной конечно-элементной модели.

деформированного состояния и внешних нагрузок в ряды Фурье по окружной координате все сводится к решению для каждого номера гармоники совокупности связанных краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений восьмого порядка. Решение строится по методу перемещений. Матрицы жесткости элементарных оболочек конструкции строятся на основе численного интегрирования. Для обеспечения устойчивости счета применяется дискретная ортогонализация (осевая симметрия напряжки существенно упрощает расчет).

4. Программа для определения осесимметрично напряженного состояния тела вращения по уравнениям теории упругости основана на методе конечных элементов.

Перечисленные выше программы построены на таких общих предположениях относительно гео-

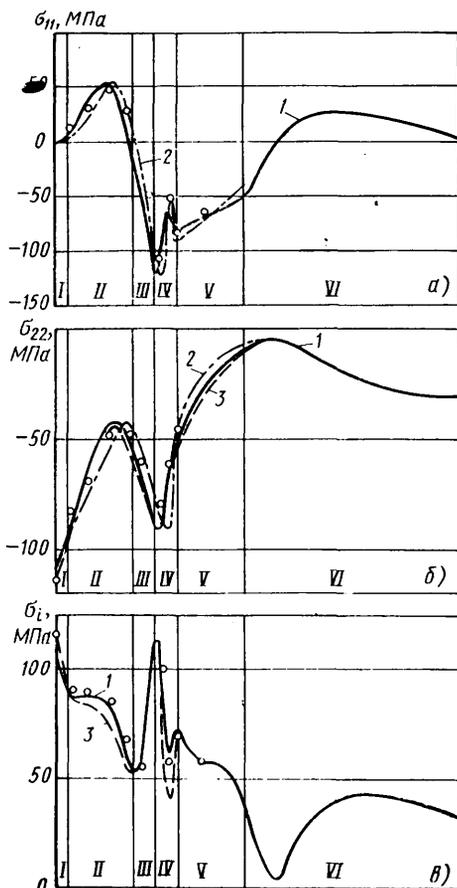


Рис. 2.

Полученные с помощью конечно-элементной модели (кривая 3) результаты по кольцевым напряжениям σ_{22} и интенсивности напряжений σ на внутренней поверхности обода приведены на рис. 2, б, в. Сравнение с экспериментальными точками подтверждает достоверность результатов расчета. Одновременно конечно-элементная модель подтверждает правильность во всем диапазоне эпюры напряжений, полученной на основе упрощенных моделей и дает основание полагать отсутствие в данном случае каких-либо особенностей, связанных с объемностью напряженного состояния.

Автоматизированные методы расчета с их способностью к учету самых разнообразных факторов, влияющих на сопротивляемость автомобильного колеса внешним нагрузкам, требуют сравнительно небольших затрат машинного времени (от 2—3 до 20—30 мин для ЭВМ БЭСМ-6) и создают хорошие предпосылки для создания и внедрения научно обоснованного проектирования колес.

Внедрение современных численных автоматизированных методов расчета существенно повысит эффективность и сократит время поиска оптимального варианта конструкций колеса, обладающих высокими показателями несущей способности и меньшей массой. При существующих масштабах выпуска колес это дает основание прогнозировать значительную экономию металла в производстве и снижении больших материальных затрат в сфере эксплуатации автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабин И. В. Исследование и расчет напряженного состояния ободьев колес грузовых автомобилей. — Автомобильная промышленность. 1970, № 2, с. 17—20.
2. Григорьев И. В., Фролов А. Н. Нелинейная осесимметричная деформация многосвязных оболочечных конструкций. — В кн.: Избранные проблемы прикладной механики. М.: Наука, 1974 г, с. 43—48.
3. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 102 с.
4. Статика и динамика тонкостенных оболочечных конструкций /А. В. Кармишин, В. А. Лясковец, В. И. Мяченков, А. Н. Фролов. М.: Машиностроение, 1975. 375 с.

УДК 629.113-585.001.62

Определение удельных затрат на поддержание работоспособности агрегатов трансмиссии в зависимости от интенсивности изнашивания сопрягаемых деталей

Д-р техн. наук Ф. Н. АВДОНЬКИН

Саратовский политехнический институт

ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, испытаниях и эксплуатации новых моделей автомобилей необходимо прогнозировать величину удельных затрат $C_{уд}$ на поддержание работоспособности агрегата автомобиля по известной интенсивности изнашивания его сопряженных деталей, а также по закономерности изменения $C_{уд}$ в процессе эксплуатации.

Величина $C_{уд}$ зависит от стоимости материалов, деталей, трудоемкости ТО и ТР, величины убытка от простоя в ожидании ремонта, который в свою очередь зависит от величины предельного износа $C_{п}$, интенсивности изнашивания α заменяемой при ТР детали, причем величина $C_{уд}$ изменяется пропорционально α [1].

Приведенная в работе [1] линейная зависимость $C_{уд}$ от α справедлива только в том случае, если речь идет о замене одной и той же по наименованию детали, т. е. при неизменных затратах $C_{уд}$ на каждый ТР. Следовательно, если в процессе эксплуатации закономерности изменения $C_{уд}$ и α одинаковы, то методика расчета $C_{уд}$ для рассматриваемых условий эксплуатации автомобиля значительно упрощается, т. е. имеется практическая возможность прогнозировать величину $C_{уд}$ для других условий эксплуатации. Поясним это на примере. Условия работы карданных шарниров ЗИЛ-ММЗ-555, установленных соответственно на переднем (передний шарнир) и заднем (задний шарнир)

концах карданного вала привода заднего моста, разные, причем у заднего шарнира условия эксплуатации тяжелее. Следовательно, пробег l_a до замены карданных шарниров будет разным и для данной модели автомобиля будет составлять, тыс. км:

для переднего шарнира $l_a = 100,6 e^{-0,00857l}$;
для заднего шарнира $l_a = 27,6 e^{-0,0024l}$.

С другой стороны, задний шарнир автомобиля ЗИЛ-130-В1 работает в более легких условиях, чем автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-555 (в нашем примере на ЗИЛ-130В перевозили грузы в загородных условиях на расстояние 45 км—первая категория эксплуатации автомобиля, а на ЗИЛ-ММЗ-555 перевозили бетон и стойкий раствор на расстоянии 3—5 км—третья категория эксплуатации автомобилей). Пробег автомобиля ЗИЛ-130В до замены заднего карданного шарнира составляет $l_a = 85,6 e^{-0,08l}$, т. е. при одинаковом технологическом уровне технической эксплуатации в условиях одного автотранспортного предприятия удельные затраты на поддержание работоспособности заднего карданного шарнира автомобиля ЗИЛ-130В ниже, чем ЗИЛ-ММЗ-555. Удельные затраты на поддержание работоспособности задних карданных шарниров по сравнению с передними должны быть обратно пропорциональными пробегу l_a до текущего ремонта при одинаковом пробеге l автомобиля с начала эксплуатации. Аналогичные данные можно получить из сравнения пробегов до замены задних

шарниров и накладок сцепления автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-555 и автомобиля-тягача ЗИЛ-130В1.

Величина пробега до замены, например, накладок сцепления при работе в одних и тех же условиях зависит от пробега автомобиля с начала эксплуатации и от качества управления автомобилем. Если, например у автомобиля ЗИЛ-ММЗ-555 пробег до замены фрикционных накладок сцепления при работе в одинаковых условиях эксплуатации у одной группы автомобилей составляет $I_a = 86,7 e^{-0,00952t}$, а другой $I_a = 56,2 e^{-0,0031t}$, то причину этой разницы следует искать в условиях работы, а следовательно, в интенсивности изнашивания накладок сцепления разных групп автомобилей: интенсивность изнашивания каждой группы автомобилей должна быть обратно пропорциональной пробегу до текущего ремонта. Если же принять величину интенсивности изнашивания определенной модели автомобиля в конкретных условиях работы заданной, то следует ожидать, что затраты на поддержание работоспособности рассматриваемого узла или агрегата изменяются пропорционально изменению величины интенсивности изнашивания. Так, например, у автомобилей ЗИЛ-ММЗ-555 и ЗИЛ-130В1 суммарный люфт S в сопряжениях заднего моста составил соответственно $12,99 e^{0,0033t}$ и $15,4 e^{0,002t}$, а интенсивность изнашивания — $12,99 \cdot 0,0033 e^{0,0033t} = 0,043 e^{0,0033t}$ и $15,4 \times 0,002 e^{0,002t} = 0,038 e^{0,002t}$ град/тыс. км.

Таким образом, удельные затраты на поддержание работоспособности заднего моста автомобиля ЗИЛ-ММЗ-555 должны быть больше, чем ЗИЛ-130В1, в $0,043 e^{0,0033t} / 0,038 e^{0,002t} = 1,4 e^{0,0013t}$ раз. По результатам же обработки фактических удельных затрат на поддержание работоспособности заднего моста этих автомобилей соотношение удельных затрат составило $0,79 e^{0,0067t} / 0,84 e^{0,0011t} = 0,93 e^{-0,0043t}$, т. е. меньше расчетного и убывало по мере увеличения пробега автомобиля с начала эксплуатации. Следовательно, технологический уровень технической эксплуатации автомобилей-самосвалов ЗИЛ-ММЗ-555 выше, чем автомобиля ЗИЛ-130В1, и повышается в процессе эксплуатации.

Эти результаты гораздо точнее, чем полученные по коэффициентам корректирования, величины которых для всех модификаций базовых моделей одинаковы [2]. Так, трудоемкость текущего ремонта автомобилей ЗИЛ-130В1 и ЗИЛ-ММЗ-555 по сравнению с базовой моделью автомобиля ЗИЛ-130 для автомобиля-тягача в условиях первой категории эксплуатации составляет 1,10, а автомобиля-самосвала — 1,15; если же учесть, что автомобиль-самосвал работал в условиях третьей категории эксплуатации, то удельная трудоемкость текущего ремонта должна быть больше, чем в условиях первой категории эксплуатации, в 1,5 раза. Таким образом, удельная трудоемкость текущего ремонта автомобиля-самосвала больше, чем автомобиля-тягача, при заданных условиях в $1,15 \times 1,5 / 1,10 = 1,65$ раза. По межремонтным пробегам удельная трудоемкость ремонта изменяется аналогично: у автомобиля-тягача в условиях первой категории эксплуатации 0,95 межремонтного пробега от базового; у автомобиля-самосвала — 0,85, а с учетом работы в условиях третьей категории эксплуатации по сравнению с первой — 0,6; по сравнению с базовым автомобилем — 0,51, а с автомо-

билем-тягачом, работающим в условиях первой категории эксплуатации, — 0,536, т. е. в 1,86 раз меньше. И это справедливо для всех базовых моделей автомобилей, а не только для ЗИЛ-130, как в данном случае.

Аналогичное заключение можно сделать и по коэффициентам корректирования удельной трудоемкости текущего ремонта в зависимости от пробега автомобиля с начала эксплуатации. В работе [2] эти коэффициенты приняты постоянными на каждом участке пробега, составляющего 0,25 пробега до первого капитального ремонта, и после пробега, равного двукратной норме до капитального ремонта, они остаются неизменными. Фактически же этот коэффициент непрерывно возрастает по экспоненциальной зависимости по мере пробега автомобиля.

Таким образом, установленные зависимости изменения удельных затрат на поддержание работоспособности автомобиля от пробега с начала эксплуатации, параметры которой определяют по результатам наблюдений в конкретных условиях работы, позволяют точнее определить технологический уровень технической эксплуатации автомобиля.

Приведенные выше выводы можно распространить и для сравнения технологического уровня технической эксплуатации разных моделей автомобилей. На основе нормативных данных по затратам на поддержание работоспособности и убыткам от простоя в ремонте, интенсивности изнашивания и известной предельной величины пробега можно определить нормативные удельные затраты на поддержание работоспособности конкретной модели автомобиля при работе в заданных эксплуатационных условиях, сравнить их с фактическими удельными затратами и убытками от простоя и сделать вывод о технологическом уровне каждого автотранспортного предприятия, а также выявить резервы его повышения. Интенсивность же изменения технического состояния агрегатов автомобиля можно определить непосредственно по износу (изменению люфта) за соответствующий пробег или по интенсивности изменения эксплуатационных показателей (расход и давление масла, утечка газов из камеры сгорания).

Таким образом, по изменению технического состояния агрегата можно прогнозировать изменение удельных затрат на поддержание работоспособности автомобиля при установленном технологическом уровне автотранспортного предприятия. Для этого необходимо иметь первоначальные данные для определения величины параметров зависимости от пробега интенсивности изнашивания или другого показателя изменения технического состояния и соответственно хотя бы одно значение удельных затрат на поддержание работоспособности агрегата. Вычисленные параметры зависимости позволяют определить технологический уровень технической эксплуатации автомобиля, наметить пути его повышения, а следовательно, избежать ненужного перетяжеления деталей автомобиля при его проектировании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лвдонькин Ф. Н.* Повышение срока службы автомобильных двигателей. Саратов: Приволжское книжное издательство, 1969. 290 с.
2. *Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта.* М.: Транспорт, 1972. 56 с.

Оценка виброустойчивости и жесткости панелей кузова, подкрепленных выштампованными гофрами

В. И. КОССЕ

Ждановский металлургический институт

В ПОСЛЕДНЕЕ время в конструкциях панелей кузовов автобусов, грузовых автомобилей, прицепов и др. широкое применение находят пластины, подкрепленные гофрамм. Однако методы расчета таких пластин разработаны пока недостаточно. Поэтому для конструкторов и исследователей должна представлять определенный интерес методика [1 и 2] определения частот собственных колебаний некоторых типов оболочек и пластин, подкрепленных ребрами жесткости, в том числе и выштампованными, и проверки конструкции на резонанс.

В автомобильных конструкциях пластины обшивки крепятся к жесткому каркасу либо сваркой, что соответствует жесткой заделке краев пластины, либо винтами, что близко к схеме свободного опирания краев пластины. Рассмотрим эти методики на примере расчетов автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-4502.

Борт самосвала тремя жесткими стойками разделен на четыре панели, каждая из которых подкреплена тремя горизонтальными гофрамм, равномерно расположенными по высоте борта. Длина панели 0,73 м, высота 0,53 м, толщина $2,5 \cdot 10^{-3}$ м. Момент инерции, радиус и угол профиля гофра равны соответственно $935 \cdot 10^{-12}$ м⁴, $16,25 \cdot 10^{-3}$ м, 135° ; цилиндрическая жесткость — 286 Н·м; модуль Юнга и удельная масса материала — $2 \cdot 10^{11}$ Н/м² и 7850 кг/м³. Частота собственных колебаний неподкрепленной панели (без учета влияния гофров), определенная по методике, изложенной в работе [2], составляет $f_0 = 55$ Гц.

Влияние гофров учитывается безразмерными коэффициентами η'_r и η''_r , вычисляемыми по формулам (16) работы [2]. Следует отметить, что эти формулы выведены для случая равномерно распределенных по панели гофров полукруглого профиля с центральным углом $2\alpha_r = 180^\circ$. Если центральный угол меньше, величину коэффициента η'_r нужно уменьшить пропорционально величине угла. В случае произвольного расположения гофров выражение $\sin^4 \frac{\pi P}{q+1}$, входящее в коэффициент η'_r , необходимо заменить выражением $\sin^4 \frac{\pi y_p}{b}$, где y_p — координата произвольного гофра).

В результате расчетов для ЗИЛ-ММЗ-4502 было получено $\eta'_r = 3,73$ и $\eta''_r = 0,06$, т. е. частота собственных колебаний панели с учетом влияния гофров составляла уже $f = 120$ Гц, т. е. по сравнению с безгофровой панелью она возросла в 2,8 раза.

С учетом влияния насыпного груза и гофров частоту собственных колебаний панели подсчитывают по формуле

$$f = f_0 \sqrt{\frac{1 + \eta'_r + \eta''_r}{1 + \xi}}$$

где ξ — коэффициент влияния вида насыпного груза. Его величины для различных грузов, а также соответствующие им частоты собственных колебаний, приведены в таблице.

По данным работы [3], для рассматриваемого грузового автомобиля частоты возмущающих сил, источником которых является двигатель, лежат в пределах 10—50 Гц. Следовательно (см. таблицу), практически при любых видах насыпного груза боковые панели кузова автомобиля работают в резонансной зоне — со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Возможных путей увеличения частот собственных колебаний панелей видится два. Первый — использование более жестких гофров, например таких, как у полуприцепа ОДАЗ-885 ($J_r = 6 \cdot 10^{-9}$ м⁴). Это позволит более чем в 2 раза увеличить частоты собственных колебаний боковых панелей кузова рассматриваемого автомобиля. Второй — расположение гофров как можно ближе к центральной части пластины.

На основании приведенного примера можно сформулировать общие принципы проектирования пластин, подкрепленных гофрамм:

гофры следует располагать параллельно короткой стороне пластины; менее желательно — параллельно длинной ее стороне и недопустимо — в диагональном ее направлении;

гофры следует располагать как можно ближе к центральной части пластины, помня, что два центральных гофра дают лучшие результаты, чем три равномерно распределенных. (Например, у прицепа модели 887А из трех гофров два расположены вблизи краев панелей. В результате нагрузка между ними распределяется следующим образом: 5%; 90%; 5%. У полуприцепа модели КАЗ-717 с четырьмя гофрамм — соответственно 3%; 47%; 47%; 3%. Следовательно, на упомянутых моделях прицепов крайние гофры можно без ущерба для конструкции вообще не выштамповывать);

не следует применять прерывистые, пересекающиеся гофры, а также гофры, выштампованные не на всю длину пластины.

Таким образом, использование предлагаемой методики расчета позволяет на стадии проектирования выбрать оптимальное расположение гофров и предотвратить наступление резонансных состояний. Кроме того, она позволяет без вычисления собственных частот панелей сопоставлять их жесткость при различных вариантах размещения гофров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коссе В. И., Ободовский Б. А. Исследование частот собственных колебаний круговой цилиндрической оболочки, подкрепленной кольцевыми гофрамм. — Проблемы прочности, 1978, № 6, с. 96—98.
2. Коссе В. И. Определение частот собственных колебаний прямоугольных пластин, подкрепленных выштампованными ребрами жесткости. Рукопись деп. в ВНИИТТ, № 4553-77. Жданов, 1977. 13 с.
3. Автомобили, автобусы, троллейбусы, автопогрузчики, прицепной состав серийного производства 1976 года. — Номенклатурный справочник. М.: НИИНавтопром, 1976. 419 с.

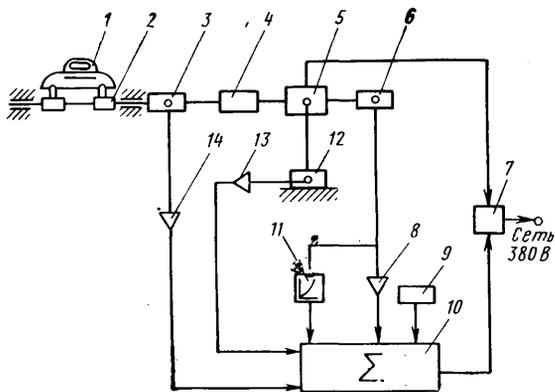
Насыпной груз	ξ	f , Гц
Без груза	0	120
Песок	8,6	39
Руда	10,8	35
Уголь	13,2	32
Зерно	16	29

Тиристорный электропривод стенда с беговыми барабанами

Ю. Н. ФИЛИН, Л. Н. ШИБАЛКИН

НАМИ

ПРИ ИСПЫТАНИИ автомобилей в лабораторных условиях наиболее широкое распространение получили стенды с беговыми барабанами, важнейшей частью которых является электропривод. Повысить быстродействие привода и создать систему управления, удовлетворяющую современным требованиям испытаний, позволяют мощные тиристорные преобразователи. Об этом свидетельствует отчет НАМИ, где на базе обычного стенда для испытания легковых автомобилей, содержащего два соосно соединенных барабана диаметром 1,2 м и мультипликатор, применен тиристорный электропривод, в состав которого входят электрическая машина типа П112 мощностью 180 кВт и реверсивный тиристорный преобразователь типа АТР 500/460 — IP. Структурная схема отработанного таким образом стенда показана на рисунке.



Испытуемый автомобиль 1 устанавливают на беговые барабаны 2, которые соединены через датчик крутящего момента 3 и мультипликатор 4 с электрической машиной постоянного тока независимого возбуждения 5, снабженной тахогенератором 6 и датчиком электромагнитного крутящего момента 12. Система управления тиристорным преобразователем 7 позволяет изменять величину тормозного момента на валу беговых барабанов. Она состоит из датчиков крутящего момента 3 и 12, усилителей 8, 13, 14, тахогенератора 6, блока возведения в квадрат 11, источника регулируемого постоянного напряжения 9 и сумматора 10. На вход сумматора подаются управляющие сигналы из блока 9 (постоянная составляющая тормозного момента), от усилителя 8 (линейная составляющая), из блока 11 (квадратичная составляющая), от усилителей 13 и 14 (разница сигналов, фиксируемых датчиками 3 и 12 и имитирующая момент инерции). С выхода сумматора снимается сигнал, идущий на управляющий вход тиристорного преобразователя 7.

Вся схема собрана в стойке, на передней панели которой установлены четыре регулятора составляющих сопротивления движению автомобиля. В процессе наладки системы управления усиление усилителя 8 подбирается так, чтобы независимо от частоты вращения беговых барабанов имел место небольшой накат испытуемого автомобиля, т. е. электрическая машина развивает крутящий момент меньше момента потерь на трение в механической части стенда.

Испытания стенда проведены по европейскому и американскому циклам испытания на токсичность отработавших газов с использованием автомобиля ВЛЗ-2103. Расход топлива оп-

ределяется при различных значениях передаточного числа главной передачи заднего моста. Перед испытаниями на установленных скоростях движения автомобиля регуляторами линейной и квадратичной зависимостей сопротивлений движению автомобиля задавались те разряжения во впускной трубе двигателя, которые возникают при движении по дороге со скоростями 50, 80 и 90 км/ч (см. таблицу).

Разряжение на дороге при скоростях движения 50, 80, 90 км/ч составляло соответственно 60,7, 45,5, 38,0 кПа.

Из таблицы следует, что требуемых значений разряжения удалось достигнуть в опыте № 4, при этом регулятор линейной составляющей нагрузки был установлен в 20%-ном положении, а регулятор квадратичной нагрузки —

в 26,5%-ном. Опыт № 1 соответствует включенному возбуждению электрической машины и разомкнутой цепи якоря, в опыте № 2 цепь якоря замкнута, а все регуляторы установлены в нулевое положение, в опыте № 3 регулятор линейной нагрузки установлен в положение, равное 20%. В качестве регуляторов используются десятиоборотные потенциометры с цифровыми лимбами, позволяющими осуществлять отсчет 0,1% поворота потенциометра.

При испытаниях по американскому циклу регулятором квадратичной зависимости устанавливалось разряжение, соответствующее скорости движения 80 км/ч.

Испытания автомобиля на топливную экономичность по указанным выше циклам показали хорошее совпадение по расходу топлива при испытаниях в различные дни при одних и тех же положениях регуляторов нагрузки. Большая мощность электрической машины позволила также создать полные нагрузки при движении автомобиля на всех передачах и скоростях вплоть до его полной остановки. При этом нагрузка электрической машины по току якоря не превышала 50% от номинальной.

К недостаткам предлагаемой системы управления следует отнести то, что при испытаниях по европейскому циклу на скоростях 50—80 км/ч ток преобразователя не превышает 7% от номинального.

Была также осуществлена попытка электрической имитации момента инерции путем дифференцирования напряжения тахогенератора 6 и подачи этого сигнала на вход сумматора. Как показали испытания, этот способ оказался непригодным ввиду присутствия в сигнале помехи, доходящей до 100% от полезного сигнала. Это объясняется наличием пульсаций в выходном напряжении тахогенератора.

При такой схеме стенда и системе управления момент инерции механической части стенда, приведенный к колесам испытуемого автомобиля, должен быть меньше приведенного момента инерции автомобиля, так как в противном случае при электрической имитации момента инерции получится положительная гибкая обратная связь по скорости. Это ведет к разгону барабанов стенда электрической машины до номинальной частоты ее вращения и потере регулирующих свойств системы.

Вся система электропривода построена на элементах типа УБСР, серийно выпускаемых отечественной промышленностью.

№ опыта	Разряжение во впускной трубе двигателя, кПа при скорости движения автомобиля, км/ч		
	50	80	90
1	61,5	50,5	49,5
2	61,5	55,0	56,0
3	61,5	50,0	48,5
4	60,5	45,5	38,0

Распределение размеров частиц загрязнений в рабочих жидкостях

Кандидаты техн. наук М. А. ГРИГОРЬЕВ, Н. Н. ПОНОМАРЕВ
НАМИ

ОДНИМ из главных условий надежной работы современных автомобилей является эффективная защита их трущихся пар и дозирующих систем (например, отверстий форсунок) от загрязняющих примесей, которые попадают в них вместе с рабочими жидкостями — топливом, моторным маслом, жидкостями гидросистем и т. п. [1 и 2].

Для защиты механизмов от этих примесей, в частности, путем удаления фильтрами, необходимо знать их дисперсный состав. Любая оценка эффективности фильтра без указания дисперсного состава загрязнения, при котором эта оценка получена, теряет смысл. Точно так же не может быть признан удовлетворительным и любой метод расчета фильтров или абразивного изнашивания деталей, не учитывающий дисперсного состава загрязнителя.

В лабораторных условиях (на стендах) при оценке работы фильтров и степени абразивного износа деталей используются искусственно приготовленные загрязнители с заранее известными дисперсными составами, регламентированные соответствующими стандартами. Все это позволяет получать сопоставимые или повторяющиеся результаты. По-иному обстоит дело в условиях эксплуатации, где концентрация, дисперсный и вещественный состав естественных загрязнителей могут меняться в широких пределах. Следовательно, и результаты эксплуатационных испытаний двигателей на износостойкость и оценки эффективности и ресурса фильтров имеют большое рассеивание. Это затрудняет определение эквивалента между результатами лабораторных и эксплуатационных испытаний. Выход из этого положения искали в увеличении количества анализов дисперсного состава загрязнителей, выполненных счетными или весовыми методами [3, 4, 5 и 6]. Однако в настоящее время общих закономерностей распределения размеров частиц естественных загрязнителей не найдено не только для любых, но даже и для какой-либо определенной жидкости, что не дает возможности проследить динамику изменения дисперсного состава загрязнений в жидкостях при различных процессах.

Анализ опубликованных и отчетных материалов по экспериментальным исследованиям позволил выявить закономерности распределения размеров частиц естественных загрязнителей в моторных топливах и маслах, а также в жидкостях гидросистем. В качестве исходной информации использовали 77 анализов дисперсного состава загрязнителей, выполненных одинаковым способом — подсчетом частиц под микроскопом.

Проведенная математическая обработка, обобщение и анализ разнообразных экспериментальных данных показали, что максимальные размеры частиц естественных загрязнителей различных топлив (бензинов, керосинов, дизельных и реактивных топлив), моторных масел и жидкостей гидросистем обычно не превышают 30–100 мкм, а подавляющее количество частиц имеют размеры менее 5–10 мкм. Опытные кривые дисперсного состава загрязнителей, как правило, имеют несимметричную форму с одним максимумом, смещенным к на-

чалу координат. Было установлено, что размеры частиц загрязнителей всех перечисленных выше жидкостей могут быть удовлетворительно аппроксимированы логарифмически нормальным законом распределения, которое определяется двумя параметрами: средним логарифмом размера частиц $\lg x_0$ (в распределении размеров частиц x значение x_0 соответствует медиане и характеризует средний статистический размер частиц) и среднеквадратичным отклонением логарифма размеров частиц.

Пример определения параметров логарифмически нормального распределения частиц, подсчитанных под микроскопом, показан на рис. 1. На рис. 1,а в натуральных координатах приведена зависимость процентного содержания количества частиц от их размера (точками обозначены экспериментальные данные, а линией — аппроксимация этих данных логарифмически нормальным распределением). На рис. 1,б эта же зависимость показана в логарифмически нормальных координатах: по оси абсцисс отложены логарифмы размеров частиц, по оси ординат — значения интеграла нормального распределения в специальной функциональной шкале (квантилях), соответствующие значениям относительного числа частиц.

По прямой на рис. 1,б легко определяются параметры логарифмически нормального распределения частиц: его среднее, $\lg x_0$ (абсцисса, соответствующая ординате, равной 50%), и среднеквадратичное отклонение, равное $\lg \beta = 1/\lg \alpha$ (α — угол между прямой и осью абсцисс).

Параметры логарифмически нормального распределения находятся в корреляционной зависимости друг от друга (рис. 2): каждому эксперименту по определению дисперсного состава загрязнителя соответствует одна точка, а все точки (их 77), независимо от вида жидкости и ее назначения, группируются около прямой с коэффициентом корреляции, равным 0,78. Используя метод наименьших квадратов, определим линейное корреляционное уравнение

$$\lg \beta = 0,5248 - 0,2229 \lg x_0 \quad (1)$$

Физический смысл уравнения состоит в том, что при разнообразных условиях производства, транспортировки, хранения и использования рабочих жидкостей частицы их естественных загрязнителей имеют логарифмически нормальное распределение, параметры которого связаны зависимостью (1), позволяющей характеризовать дисперсный состав загрязнителя одним числом $\lg x_0$. Это существенно упрощает и облегчает сравнение различных загрязнителей.

Принимая, что все частицы имеют сферическую форму и материал их одинаков, определили аналитическую зависимость суммарного числа частиц всех размеров в единице массы загрязнителя:

$$N_0 = \frac{6}{\pi \gamma} \exp \left[-3M \lg x_0 - 4,5 M^2 (\lg x_0 - 0,5248 - 0,2229 \lg x_0)^2 \right] \quad (2)$$

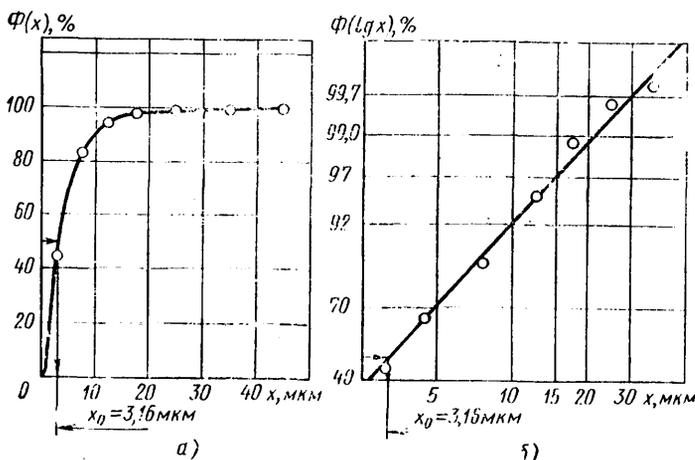


Рис. 1. Зависимость относительного числа частиц загрязнителя от их размеров ($\lg x_0 = 0,498$, $\lg \beta = 0,360$)

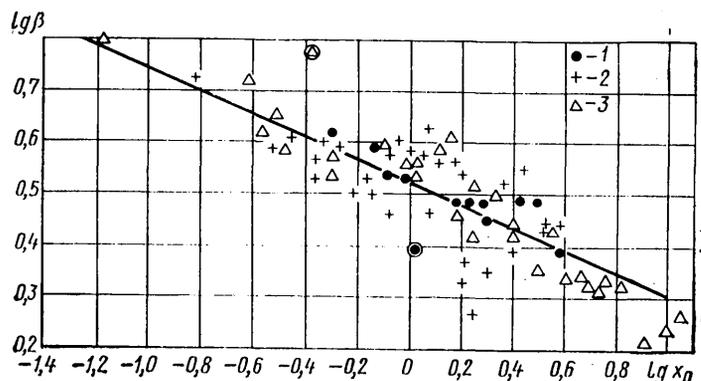


Рис. 2. Зависимость между параметрами $\lg \beta$ и $\lg x_0$ ($\lg \beta = 0,5248 - 0,2229 \lg x_0$) в логарифмически нормальном распределении размеров частиц естественных загрязнителей бензинов (1), дизельных и реактивных топлив (2), моторных масел и рабочих жидкостей гидросис-

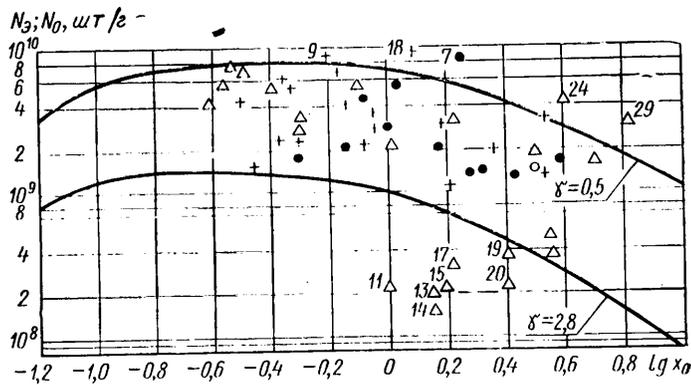


Рис. 3. Суммарное количество частиц естественных загрязнителей в единице массы

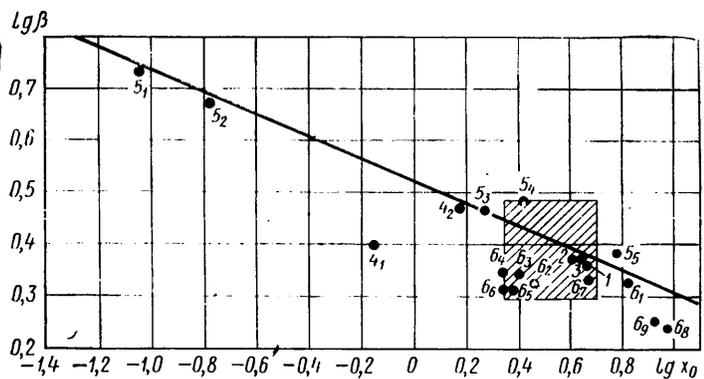


Рис. 4. Параметры логарифмически нормального распределения различных классов чистоты (прямая соответствует уравнению (2); цифры у точек — номер строки в табл. 1, индекс — класс чистоты данного стандарта)

где M — модуль перехода от натуральных логарифмов к десятичным;

γ — плотность загрязнителя.

Проведенная проверка показала, что расчетное число частиц в единице массы загрязнителя N_0 удовлетворительно совпадает (рис. 3) с экспериментально установленным их числом N_Σ .

На рис. 3 сплошными линиями представлены значения N_0 в зависимости от $\lg x_0$, рассчитанные по формуле (2) для загрязнителей, состоящих из рыхлых углеродистых частиц с минимальной плотностью, равной 0,5 г/см³, и частиц окислов металлов или атмосферной пыли с плотностью, равной 2,8 г/см³. Значения их изображены отдельными точками, большая часть которых находится в намеченных границах. Это свидетельствует о том, что значения N_0 и N_Σ совпадают с точностью изменения плотности частиц в заданных границах. Дополнив формулу (2) функцией нормального распределения с параметрами $\lg x_0$ и $\lg \beta$, несложно подсчитать в единице массы число частиц, больших или меньших заданного размера или лежащих в заданном интервале размеров.

Как известно, для измерения и контроля чистоты технических жидкостей используются специально разработанные нормы — классы чистоты, установленные на основе анализа большого числа проб, взятых из различных систем. Нормы учитывают распределение частиц загрязнителя, т. е. фактически дисперсный его состав и суммарное число частиц в единице объема (чаще всего в 100 см³). Поэтому, чтобы определить класс чистоты исследуемой жидкости, подсчитывают число частиц и распределение их по размерам. Затем полученные данные сравнивают с такими же данными, характеризующими классы чистоты, и чистоте жидкости присваивают номер того класса, который окажется наиболее близким к экспериментальным данным.

Однако обычно количество частиц одного размера соответствует одному классу, а количество частиц другого размера — другому классу, т. е. чистоту жидкости приходится одновре-

менно характеризовать несколькими классами, что вносит в оценку загрязнения элементы неопределенности и субъективизма.

Анализ дисперсного состава классов чистоты, нормированных различными стандартами (см. таблицу), показал, что дисперсный состав частиц может быть также для большинства классов аппроксимирован логарифмически нормальными распределениями, параметры которых подчиняются той же корреляционной зависимости (2), что и параметры распределения естественных загрязнителей жидкостей (рис. 4). Подобное совпадение является естественным, поскольку каждый из стандартов, регламентирующих дисперсный состав классов чистоты, является обобщением практики определения числа и дисперсного состава естественных загрязнителей в различного рода технических жидкостях.

Обращает на себя внимание разница в построении американских и отечественного стандартов классов чистоты жидкостей. Например, для трех стандартов США $\lg x_0 \approx 0,625$ (рис. 4, точки 1, 2, 3) все классы чистоты имеют практически одинаковое распределение и, следовательно, различаются только по концентрации частиц. Это также относится и к классам чистоты (от 3 до 12) ГОСТ 17216—71, для которых $\lg x_0 = 0,415$. Однако параметры распределения остальных классов (все точки 5 на рис. 4) имеют другие значения, что, видимо, связано с желанием охватить более широкий интервал загрязнителей. По этому же принципу построен и проект международного стандарта ИСО/ТК 131.

Подобное построение норм классов чистоты несколько смягчает недостатки, органически присущие этому способу, но полностью устранить их не может.

Избежать затруднений, возникающих при оценке чистоты жидкостей, можно, если за критерий дисперсного состава загрязнителя принять величину $\lg x_0$, которая, как было показано выше, одним числом полностью характеризует дисперсный состав любого естественного загрязнителя. Определение $\lg x_0$ производят на основе тех же экспериментальных данных, которые используют для определения классов чистоты, обработанных так, как это показано на рис. 1. При этом дисперсный состав должен быть дополнен суммарным количеством частиц в единице объема жидкости, т. е. концентрацией загрязнителя. Совокупность этих показателей дает исчерпывающую характеристику загрязнения технических жидкостей, полностью заменяющую классы чистоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев М. А. Очистка масла и топлива в автотракторных двигателях. М.: Машиностроение, 1970. 271 с.
2. Григорьев М. А., Пономарев Н. И. Износ и долговечность автомобильных двигателей. М.: Машиностроение, 1976. 248 с.
3. Чертков Я. Б., Рыбаков К. В., Зредов В. Н. Загрязнения и методы очистки нефтяных топлив. М.: Химия, 1970. 237 с.
4. Коновалов В. М., Скрицкий В. Я., Рокиевский В. А. Очистка рабочих жидкостей в гидродвижках станков. М.: Машиностроение, 1976. 388 с.
5. Коноваленко В. П. Загрязнение и очистка нефтяных масел. М.: Химия, 1978. 301 с.
6. Износ основных деталей дорожных машин / У. Икрамов и др. Ташкент: ФАН УзССР, 1976. 132 с.

Нормативный документ	Назначение жидкости или класс	Параметры		
		$\lg x_0$	x_0	$\lg \beta$
Стандарт NAS 1638 США (14 классов)	Для гидросистем	0,654	4,6	0,361
Нормы фирмы «ЦИНТИНАТИ», США (12 классов)	Для гидросистем станков	0,602	4,0	0,367
Рекомендации SAE, DSM и DSA (США, 7 классов)	Для гидросистем	0,623	4,2	0,367
Стандарт SAE ARP-598, США	Для испытательных установок и гидросистем ракет	0,143	0,72	0,398
ГОСТ 17216—71 (19 классов)	Классы:	00	1,5	0,475
		0	0,09	0,735
		1	0,17	0,677
		2	0,280	0,464
		3—12	0,415	0,482
		13—14	0,764	0,378
		100	0,826	0,326
		800	0,462	0,326
		1300	0,398	0,340
		9000	0,341	0,345
Международный проект ИСО/ТК 131 (9 классов)		1300	2,5	0,340
		9000	2,2	0,345
		1300	0,341	0,309
		15000	0,341	0,312
		21000	0,662	0,388
		100000	0,968	0,233
		600000	0,924	0,254

Изготовление точных заготовок деталей топливной аппаратуры холодной объемной штамповкой

С. А. БАРАНОВ

Ярославский завод топливной аппаратуры

ДЕТАЛИ топливной аппаратуры изготавливают из высококачественных легированных сталей, поэтому при традиционных способах их изготовления (резанием из проката или литья) много дорогостоящего металла уходит в стружку. Кроме того, в этом случае нужно много металлорежущего оборудования, рабочих высокой квалификации и производственных площадей. Поэтому на Ярославском заводе топливной аппаратуры для изготовления ряда деталей принят технологический процесс, шадящий металл, — холодная объемная штамповка.

При данном способе получения деталей достигаются высокое их качество, большая производительность труда (по некоторым позициям в 10 раз и более, чем при обработке резанием), повышается коэффициент использования металла.

Среди деталей, изготавливаемых по новой технологии, наибольший — с точки зрения передачи опыта — интерес представляют детали из легированных труднодеформированных сталей ШХ-15, 25Х5М, 18Х2Н4МА, 40Х.

Деталь — седло клапана (рис. 1) — изготавливается из стали ШХ-15 холодной высадкой. После отрезки исходные заготовки отжигаются и фосфатируются. Первоначальный вариант предусматривал омыливание заготовок после фосфатирования, но от этого пришлось отказаться, так как мыло, скапливаясь в глухих полостях матрицы и выталкивателя, приводило к снижению точности осевых размеров. Поэтому после фосфатирования применяется омасливание заготовок. Штамповка осуществляется на кривошипном прессе модели К2130 за один рабочий ход. В головке детали выполнена технологическая бобышка, благодаря которой свободная поверхность на периферии головки приобретает форму симметричной относительно торцев сферы. (Это необходимо для надежного

захвата и фиксации переносными устройствами при последующей доделке на станках-автоматах). С целью уменьшения заусенца на выходе сверла из детали на ножке выштамповывается цековка. Эти «мелочи» в штампованной заготовке позволили без особых затруднений осуществлять доделку детали.

Перед доделкой деталь повторно отжигается для снятия наклепа. Сама доделка заключается в следующем: накатка резьбы М12×1, снятие технологической бобышки, проточка отверстия диаметром 23 мм и получение отверстия диаметром 5,85^{+0,03} мм. Эти операции выполняются на резьбонакатном станке ИР 12,5/70 и на токарных автоматах 1Б125. В дальнейшем на этих деталях получают прецизионные поверхности.

Деталь — плунжер топливного насоса (рис. 2) изготавливается из стали 25Х5М, обладающей повышенной склонностью к наплаванию на штамповый инструмент. Различные виды смазок, опробованные для высадки плунжера, эффекта не дали. Поэтому высадка производится в разъемных матрицах и челиковых пуансонах. Осадка головы и набор фланца происходят за два технологических перехода на холодновысадочном автомате ТРЗ-16 с последующей обрезкой облоя на фланце. Дальнейшая двусторонняя доделка осуществляется на токарных шестипищидельных автоматах модели АНК 6/125.

Деталь — корпус распылителя (рис. 3) изготавливается из стали 18Х12Н4МА прямым выдавливанием. Ввиду большого сопротивления деформированию эту сталь невозможно выдавить в холодном виде с заданной степенью деформации из-за разрушения инструмента. Для обеспечения высокой стойкости инструмента и приемлемой шероховатости и точности деталь получается полугорячим выдавливанием, т. е. с нагревом до температуры

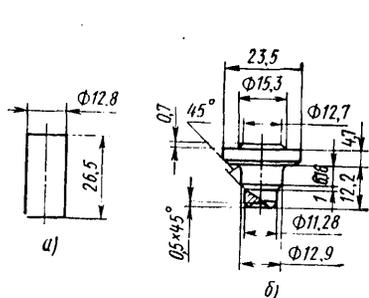


Рис. 1. Седло нагнетательного клапана:
а — заготовка; б — готовое изделие

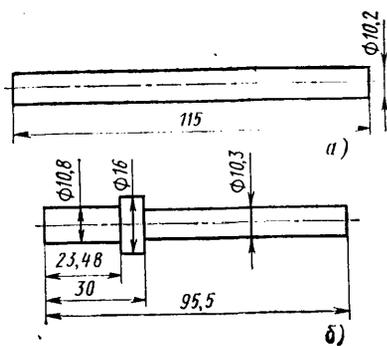


Рис. 2. Плунжер топливного насоса:
а — заготовка; б — готовое изделие

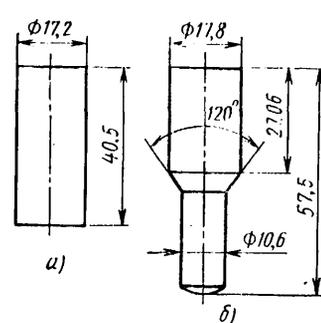


Рис. 3. Корпус распылителя:
а — заготовка; б — готовое изделие

Автомобильная промышленность, № 10, 1981 г.

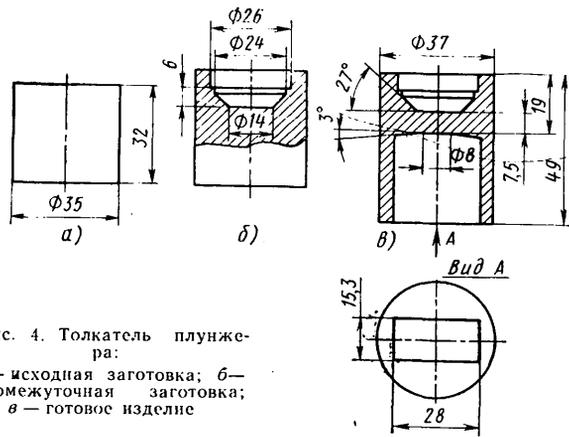


Рис. 4. Толкатель плунжера:
 а — исходная заготовка; б — промежуточная заготовка; в — готовое изделие

$A_{c1} = (300 \div 320) K$. Благодаря такому нагреву детали и интенсивному охлаждению инструмента достигнута высокая стойкость матрицы (20 тыс.), пуансона (90 тыс.) и выжимателя (300 тыс. деталей). Применение тонкостенных твердосплавных вставок в матрицах увеличивает стойкость матрицы на порядок (свыше 200 тыс. деталей), особенно при постоянной продолжительной работе, когда колебания температуры инструмента минимальны. Нагрев и выдача заготовок осуществляются на автоматической установке нагрева конструкции ЯЗТА, в которой предусмотрен широкий диапазон регулировок по степени нагрева и производительности.

Заготовки под нагрев отрезаются на кривошипном прессе К2130 штампом, который обеспечивает резку сдвигом с дифференцированным зажимом, что позволяет получить заготовки с точностью 1,5—2% по массе и с перпендикулярными ровными торцами.

Полугорячее выдавливание производится на коленорычажном прессе модели К8336. Матрица смазывается смесью масла индустриальное 20 и

коллоидного графита марки С1 или С2 (консистенция жидкой сметаны). Зазор между контейнером матрицы и исходной заготовкой подобран экспериментально, исходя из условий хорошей работоспособности инструмента и прессы, а также минимального искажения диаметра 17 мм детали. Во время работы происходит интенсивное дымообразование, поэтому весь комплекс (установка нагрева, пресс, тара с готовыми изделиями) имеет мощную вытяжную вентиляцию. После выдавливания детали подвергаются травлению для снятия смазки и высокому отпуску.

Деталь — толкатель плунжера (рис. 4) получается обратным двусторонним выдавливанием из стали 20Х. Отрезанные на штампе заготовки после отжига, фосфатирования и омыливания поступают на выдавливание стакана. Одновременно с этим калибруется противоположный торец, со стороны которого выдавливается паз. После вторичного отжига, фосфатирования и омыливания происходит окончательное выдавливание — выдавливание паза.

При изготовлении этой детали наибольшие затруднения вызывает обеспечение удовлетворительной стойкости пуансонов. На ЯЗТА эта задача решена за счет хорошей подготовки металла перед выдавливанием: созданием гладкого, перпендикулярного оси пуансона торца, плотного прилегания (по радиусу) заготовки к матрице и подбора оптимального направления движения пуансона по матрице.

Новые технологические процессы позволили заводу сэкономить более 800 т дорогостоящего металла в год, в 1,5—3 раза увеличить коэффициент использования металла штампуемых деталей, высвободить значительное число рабочих и металлорежущего оборудования. Пренумерация холодной объемной штамповки оказалась настолько очевидна, что ряд деталей вновь создаваемых изделий проектируется с учетом их изготовления выдавливанием и высадкой.

УДК 621.787.4:621.824.002.2

Холодная раскатка и накатка деталей типа валов и осей

Б. П. БАРИНОВ, Г. Г. СЕМИБРАТОВ, Б. М. ДРИЗИН

РОСТ промышленного потенциала нашей страны неразрывно связан с решением проблемы создания новых технологических процессов и оборудования, направленных на экономию материала, снижение трудозатрат и улучшения условий труда. Особенно актуальна эта проблема при производстве массовых металлоемких деталей типа валов и осей.

Традиционная технология изготовления валов с утолщениями по концам состоит в горячей высадке головок на горизонтально-ковочной машине, отжиге, правке заготовок и последующей токарной обдирке. При этом коэффициент использования металла составляет 0,4—0,6.

Разработанный специалистами ВНИИметмаш метод горячей поперечно-винтовой прокатки заготовок с натяжением [1] и способ ротационнойковки [2] позволяют повысить коэффициент использования металла до 0,6—0,75, однако при-

пуски на последующую механообработку из-за окалины и следов от обрабатывающего инструмента и в этом случае остаются еще значительными.

Одним из направлений совершенствования технологии производства деталей этого типа является холодное объемное деформирование, позволяющее сократить припуски на механообработку, а в ряде случаев готовить точные и чистые детали почти без снятия стружки. Холодное формообразование давлением обеспечивает коэффициент использования металла на уровне 0,7—0,9, исключает горячевысадочные и токарно-обдирочные операции, позволяет автоматизировать весь технологический процесс, создает лучшие условия труда, снижает требования к квалификации рабочих.

В настоящее время на основе метода холодной продольной раскатки (А. с. 188454, СССР), разработан и внедряется в производство ряд прогрес-

сивных способов холодного формообразования давлением ответственных деталей.

Схема процесса приведена на рис. 1. Длина заготовки определяется из условия постоянства объема заготовки до и после деформирования. Инструментом служат два неприводных ролика, охватывающих заготовку не по всей окружности, а двумя секторами с углом охвата $75\text{--}90^\circ$. Ручьевые ролики 1, вращаясь, сближаются и вдавливаются в неподвижную заготовку 2 на участке одной из галтелей, после чего заготовка протягивается или проталкивается до второй галтели и обратно.

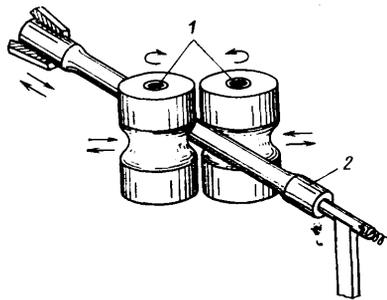


Рис. 1. Схема способа холодной продольной раскатки

Затем ролики разводятся, деталь поворачивается на 90° , ролики вновь вдавливаются в нее, и осуществляется следующий двойной ход. В процессе рабочего хода ролики сводятся до жесткого лобового упора, обеспечивающего равномерность обжатия по длине раскатываемого участка. Если радиального усилия достаточно для получения заданного обжатия при вдавливании роликов в заготовку, то обратный ход может выполняться холостым, т. е. при разведенных роликах. Однако при таком процессе требуется достаточно мощное оборудование, поскольку необходимое усилие вдавливания роликов в заготовку в 1,3—1,6 раза больше усилия раскатки (при одинаковых обжатиях). В связи с этим более экономичной схемой процесса является раскатка с обратным рабочим ходом. При этом основное обжатие ($\sim 80\%$) производится при протягивании заготовки, а остальное — на обратных ходах.

Такая схема раскатки позволяет увеличить величину частного обжатия за один переход до 40% и существенно повысить производительность процесса (А. с. 560688, СССР). Так, для деталей обрабатываемых после раскатки, заготовка раскатывается за два — четыре хода с поворотами по программе $0\text{--}90\text{--}90\text{--}90^\circ$. Огранка сечения заготовки в этом случае составляет 0,4—0,7 мм. При окончательной раскатке заготовок необходимо большее число проходов с поворотами заготовки на 45° : здесь основное обжатие выполняется за первые четыре хода, а на последующих двух — четырех ходах калибруется сечение заготовки на требуемые размеры. В этом случае точность получаемых диаметральных размеров детали соответствует 10—11-му квалитетам.

На точность раскатанных деталей существенное влияние оказывают радиус ручья и угол контакта роликов. Чем ближе радиус ручья к радиусу готовой детали и чем больше угол контакта, тем за меньшее число проходов формируется заготовка с заданными размерами. В то же время степень искажения галтельного участка увеличивается.

Для деталей с перепадами диаметров от 1,3 до 1,7 раскатку выполняют в два перехода. Основное

обжатие ($\sim 70\%$) производится роликами радиусом, близким к радиусу заготовки (тем самым формируются хорошие галтельные участки), а затем роликами радиусом, близким к радиусу стержня, сглаживают огранку стержня. При этом ролики прокатываются лишь по стержню с небольшим заходом на галтели.

Исследования напряженно деформированного состояния в процессе раскатки показали, что во всей зоне очага деформации преобладают сжимающие напряжения, что позволяет достигать значительных пластических деформаций без разрушения материала. Благоприятная схема деформации позволяет применять процесс раскатки практически для всех марок углеродистых и легированных сталей с содержанием углерода до 55% и пределом прочности в исходном состоянии до 800 Н/мм^2 . Степень деформации за проход ограничивается прочностью деформированного сечения на разрыв при схеме раскатки на растяжение и устойчивостью свободного конца заготовки при схеме раскатки на толкание. Суммарная степень обжатия сечения определяется свойствами исходной заготовки: для отожженной стали марок 40ХНМА, 45ХН2МФА, 35ХН3ИМ удалось достигнуть степени деформации до 95% без промежуточного отжига материала; для указанных марок сталей после термоулучшения критическая степень деформации составляет 20—30%. Таким образом, для улучшения условий деформации, обеспечения более равномерных свойств по сечению детали и снижения усилий раскатки заготовки рекомендуется подвергать отжигу на твердость ($d_{отж} \geq 3,7\text{ мм}$). В то же время для сталей с содержанием углерода до 25% возможна раскатка в термоулучшенном состоянии с твердостью $HRC\ 33\text{--}37$ до степени деформации 50%, при этом в результате наклепа материала удается повысить усталостную прочность деталей.

При обработке подобных деталей холодным ротационным обжатием достижение таких степеней деформации возможно только с применением промежуточных отжигов. Что касается обработки данным методом термоулучшенных деталей, в частности шпилек блока цилиндров двигателей, то следует ожидать нарушения сплошности обрабатываемой детали в результате более интенсивного, по сравнению с холодной раскаткой, наклепа материала.

Анализ деформируемости материала при раскатке показал, что на величину предельно-допустимой степени деформации оказывает влияние шероховатость поверхности исходной заготовки. Установлено, что при обточке заготовок с параметром шероховатости поверхности $Rz=80$ начало появления трещин, идущих от следов механической обработки, наблюдается на указанных выше сталях при степени деформации 35—40%. У заготовок с параметром шероховатости $Rz=20$ трещины возникают при степени деформации 60—70%. При раскатке заготовок как в состоянии поставки, так и после шлифования этих явлений не наблюдалось — вплоть до максимальной, проверенной в процессе эксперимента, степени деформации, равной 95%. Возможность получения значительных степеней деформации без трещин на заготовках в состоянии поставки и шлифованных объясняется отсутствием тех поверхностных концентраторов напряжений, которые имеют место при токарной

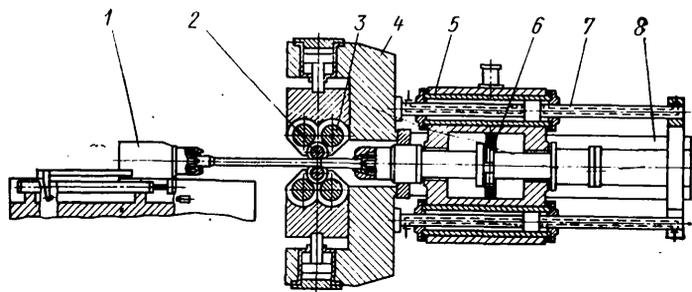


Рис. 2. Принципиальная схема продольно-раскатного станка:
1 — задняя бабка, 2 — рабочие ролики, 3 — опорные ролики, 4 — рабочие клети, 5 — бабка продольного хода, 6 — механизм поворота, 7 — гидроцилиндры продольного хода, 8 — станина

обдирке заготовок перед раскаткой. Шероховатость поверхности раскатанных участков практически не зависит от шероховатости исходной заготовки и определяется только шероховатостью рабочего профиля раскатных роликов.

требовалось бы на проектную программу завода 100 токарных, шлифовальных и шлицефрезерных станков и около 120 станочников. По новой технологии торсион обрабатывается почти без снятия стружки по следующим основным операциям: отрезка заготовки диаметром 32 мм, длиной 915 мм; механизированная правка заготовок в роликовых калибрах; бесцентровое шлифование заготовки диаметром 31,15_{-0,1}; обработка торцов; раскатка средней части заготовки на диаметр 23,25_{-0,52} мм (длина раскатной заготовки 1575₋₁₀ мм); накатка квадрата 24×24 мм на головке торсиона (длина детали 1605₋₁₂ мм); термическая обработка с нагревом заготовок в защитной атмосфере и закалкой в штампах.

Все операции механической обработки выполняются на автоматизированном участке, состоящем из станка-автомата для правки заготовок, автоматической линии бесцентрового шлифования заготовок, станка-автомата для обработки торцов заготовки, мосечной машины и автоматической линии раскатки и накатки торсиона. Все оборудование связано между собой общим подвесным коблером.

Операции холодного формообразования давлением торсиона выполняются на линии, состоящей из двухпозиционного продольно-раскатного станка модели ПР-50, гранснакатного станка модели ГР-50 и шлиценакатного модели ШН-3, связанных

Таблица 1

Модель, характеристика	Размеры изделия, мм		Производительность, шт./ч	Усилие на роликах, мН		Мощность привода, кВт	Габариты, м ²	Масса, т
	минимальный	максимальный		радиальное	осевое			
ПР-30, автомат	16×250	30×500	50—35	0,45	0,25	33	4,95×3,25×2	12
ПР-30-67, автомат	15×250	25×900	50—25	0,33	0,15	23	3,67×3,2×1,6	6,3
ПР-50, автомат (двухпозиционный)	20×600	35×1600	50—35	0,55	0,30	260	8,3×6,2×2,8	45
ПР-30, автомат	25×500	50×1500	60—40	0,90	0,45	105	7,3×4,5×1,8	20
ПР-110, полуавтомат	30×800	75×2300	30—15	1,40	0,60	98	9,6×4,3×1,85	25

На основе холодной раскатки создан новый вид оборудования — продольно-раскатные станки (автоматы и полуавтоматы). Принципиальная схема такого станка представлена на рис. 2. В настоящее время создано и внедрено в производство пять моделей указанных станков (табл. 1). С их помощью можно обрабатывать заготовки диаметрами 15—75 и длинами 250—2300 мм.

Разработаны следующие основные варианты новой технологии: раскатка стержня в окончательный размер (последующая обработка стержня не производится); раскатка стержня с припуском под механическую обработку.

По первому варианту исходная заготовка предварительно обтачивается или шлифуется (в зависимости от потребной суммарной степени деформации); по второму варианту заготовка (калиброванный или горячекатаный пруток после дробеочистки) раскатывается без механической обработки.

При изготовлении деталей по первому варианту эффективность применения продольной раскатки повышается за счет использования ее в сочетании с холодным накатыванием шлицев, граней и резьб. Такой комплекс операций применен при изготовлении торсиона уравнивания кабины автомобиля КамАЗ. По своей конструкции (диаметр стержня 23 мм, длина вала 1605 мм, материал — сталь 45ХН2МФАШ) торсион мало технологичен, при обработке его по традиционной технологии по-

Таблица 2

Операция	Программа ходов	Усилие деформации, мН		Скорость продольного хода, м/мин
		радиальное	осевое	
Раскатка стержня	Первый переход: обжатие с диаметра 31,15 на диаметр 26; поворот заготовки на 90° Второй переход: обжатие с диаметра 26 на диаметр 23; поворот заготовки по программе 90—90—45—90—45—90°	0,55	0,28	10
Накатка квадрата	Первый переход: обжатие с диаметра 31,15 на 27×27; поворот заготовки на 90° Второй переход: обжатие с 27×27 на 24×24; поворот заготовки по программе 90—90—90—90°	0,45	0,20	6
Накатка шлицев	Частота вращения роликов 12 мин ⁻¹	0,12	0,05	1

Таблица 3

Наименование детали	Марка стали	Размеры заготовки, мм	Режимы раскатки			Штучное время, мин	Диаметр стержня, мм	Длина детали, мм
			$P_{рад}/P_{ос}$, мН	программа ходов	скорость продольного хода, м/мин			
Полуось заднего моста автомобиля МАЗ Полуось заднего моста автомобиля КраЗ	38ХС	56×930	1,2/0,55	0—90—45—90°	8	1,0	46	1150
	40ХНМА	65×1016	1,4/0,60	0—80—45—90°	8	1,8	58	1266

между собой единой транспортной системой. Производительность линии 36 дет./ч, ее обслуживают трое рабочих. Режимы раскатки и накатки торсиона приведены в табл. 2.

Опыт эксплуатации линии на Камском автосаводе за период 1976—80 гг. показал, что стойкость раскатных роликов составляет 20—30 тыс. деталей, а шлищенкатных — 5—10 тыс.

Примерами реализации второго варианта технологии являются новые процессы получения полуосей автомобилями МАЗ и КраЗ: отрезка заготовки, раскатка средней части, механическая обработка по серийной технологии.

Раскатка заготовок производится на продольно-раскатном станке — полуавтомате модели ПР-140. Режимы раскатки и размеры получаемых деталей приведены в табл. 3.

В настоящее время новые технологические процессы раскатки и накатки массовых деталей авто-

мобилями МАЗ, КраЗ, «Москвич» и КамАЗ внедрены в серийное производство.

Таким образом, разработанные прогрессивные процессы, основанные на методе холодной продольной раскатки в неприводных ручьевых роликах, позволяют получать точные (по 9—11-му качеству) заготовки и детали типа валов и осей, обеспечивая коэффициент использования металла 0,7—0,95; созданные модели продольно-раскатных станков дают возможность раскатывать детали диаметром от 15 до 75 мм и длиной от 250 до 2300 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Целиков А. И., Зюзин В. И. Современное развитие прокатных станов. М.: Металлургия, 1972, с. 296—302.
2. Радюченко Ю. С. Ротационное обжатие. М.: Машиностроение, 1972, с. 5—18.

УДК 621.921.079:621.923.74

Замена окиси алюминия в пасте МЗ на стандартные микропорошки

А. Н. ЛЕБЕДЕВА

Ярославский завод топливной аппаратуры

В СОВРЕМЕННОЙ технологии доводки металлических поверхностей используется множество составов паст, отличающихся природой абразивов и соотношением компонентов. К пастам предъявляются очень высокие требования. Они должны обеспечивать стабильный съем металла в единицу времени и заданную шероховатость, но не должны отрицательно сказываться на точности геометрических параметров обрабатываемых деталей. Таким требованиям вполне удовлетворяет паста МЗ на основе микропорошка окиси алюминия, применяемая на ЯЗТА для освежения ствола и доводки конуса корпуса распылителя топливной форсунки, выполненной из цементованной стали 18Х2Н4ВА твердостью HRC 57.

На операции доводки конуса корпуса распылителя к деталям предъявляются следующие требования: съем металла 0,04—0,06 мм, биение относительно поверхности Б — 0,0038 мм, шероховатость поверхности Ra = 0,32 мкм, некруглость поверхности К — не более 0,6 мкм. На операциях освежения ствола корпуса распылителя из стали ХВГ: съем металла 2—5 мкм, некруглость и граненость поверхности Б не более 0,2 мкм, изогнутость поверхности Б не более 0,5 мкм, шероховатость Ra = 0,04 мкм.

В связи с тем, что абразивная промышленность не выпускает окись алюминия с фракцией 3 мкм, на Ярославском заводе топливной аппаратуры был создан участок для получения этого мелкодисперсного компонента пасты. Размол окиси алюминия производили в трех шаровых мельницах, затем раздробленную окись алюминия отмачивали в отстойниках с кислотой (смесь соляной и азотной кислот). Взвесь коагулировали 25%-ным водным раствором аммиака, осадок отжигали с фтористым аммонием при температуре 1370 К в

двух электропечах сопротивления и, наконец, обрабатывали его в виброистирателе.

Кроме того, процесс получения трехмикронной фракции окиси алюминия оказался трудоемким: для получения 1 кг микропорошка затрачивалось 4 ч. Поэтому, микропорошок окиси алюминия решили заменить стандартным микропорошком белого электрокорунда марки 25АМЗ.

Паста на основе микропорошка окиси алюминия (микропорошок — 55%, олеиновая химически чистая кислота — 25%, масло индустриальное И-8А — 6%, технический стеарин (сорт 1) — 9%, высокоочищенный парафин — 5%) на операции освежения ствола диаметром 6 мм не обеспечивала заданной шероховатости Ra = 0,04 мкм, а на операции доводки конуса — заданной шероховатости и стабильного съема металла.

Испытывали различные составы паст на основе микропорошка белого электрокорунда марки 25АМЗ. Наилучшей из них оказалась паста следующего состава: белый электрокорунд 25АМЗ — 50%, олеиновая кислота марки Б — 20%, технический стеарин (сорт 1) — 20%, масло индустриальное И-8А — 10%. Но вместе с тем ни один из испытанных составов паст на основе микропорошка 25АМЗ, в том числе и приведенный, не обеспечил заданный в чертеже ровный отблеск по всей обработанной поверхности. Учитывая это, а также то, что микропорошок 25АМЗ является дорогостоящим и дефицитным компонентом, работа по подбору состава пасты была продолжена, но уже на основе более дешевого белого электрокорунда марки 24АМ5.

Исходя из перечисленных выше требований к обработке необходимо было подобрать такой состав пасты, который при обработке одного и того же материала на различных режимах обеспечивал

сьем металла от 0,06 мм до 5 мкм и шероховатость $Ra=0,32\div 0,04$ мкм.

Цель была достигнута, когда в состав пасты ввели раствор полиизобутилена и технический животный жир.

В связи с тем, что на ЯЗТА при обработке многих прецизионных деталей широко применяются полимерабразивные составы, с большим (до 40%) содержанием абразива, который делает обрабатываемую поверхность матовой, для доводочных операций были опробованы пасты на основе белого карбокорунда 24АМ5, отличающиеся процентным содержанием компонентов. Наилучшие, с точки зрения дефектоскопии с помощью стетоскопа, результаты показала паста следующего состава: белый электрокорунд 24АМ5 — 20%, олеиновая техническая кислота марки Б — 15%, технический стеарин (сорт 1) — 20%, высокоочищенный парафин — 10%, животный технический жир (сорт 1) — 20%, 2%-ный раствор полиизобутилена в индустриальном масле И-8А — 15% (паста 2АМ5 «П»). Эта

же паста оказалась лучшей и по другим характеристикам. Так, на операции освежения ствола корпуса распылителя она обеспечила требуемый съем металла (до 5 мкм) и снизила шероховатость обработанной поверхности до $Rz=0,08$ мкм. На операции доводки конуса корпуса распылителя эта паста обеспечила стабильную величину съема металла, равную 0,0407 мм, и шероховатость поверхности $Ra=0,125$ мкм.

Опыт применения пасты 2АМ5 «П» показал, что ее можно использовать при механической обработке многих, в том числе прецизионных, термически обработанных деталей с поверхностной твердостью $HRC\ 57-62$.

Внедрение новых, перечисленных выше паст позволяет ликвидировать участки приготовления окиси алюминия МЗ, а также отказаться от применения таких вредных веществ, как серная и соляная кислоты, 25%-ный раствор аммиака, фтористый аммоний.

УДК 621.74.013.2:669.5

Цинковые сплавы для литья под давлением

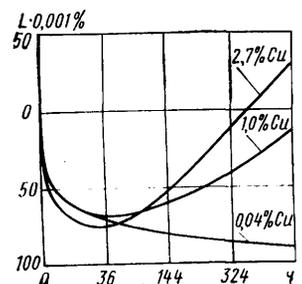
В. М. БУСАРОВ, Ю. А. НАГИБИН

НИИАТМ

ОДНИМ из наиболее экономичных и производительных способов литья является литье под давлением. Размеры отливок, полученных этим способом, наиболее приближены к размерам готовых деталей, что позволяет уменьшить или совсем исключить механическую обработку и тем самым резко сократить расход цветных металлов и сплавов. Для литья под давлением наиболее широко применяются цветные сплавы на основе алюминия, магния, цинка и меди, реже — черные сплавы. Однако применение цинковых сплавов предпочтительнее, так они по сравнению со сплавами на основе алюминия, магния и меди обладают рядом преимуществ: имеют высокие механические, эксплуатационные и технологические характеристики (см. таблицу) [1, 5, 6], хорошие литейные свойства и высокую пластичность в горячем состоянии, что позволяет получать тонкостенные отливки (толщиной 1,0 мм и менее) сложной конфигурации и большой точности, с внутренней и наружной резьбой. Кроме того, цинковые сплавы не взаимодействуют с железом пресс-форм, не прилипают к ним. Большим преимуществом этих сплавов является также их хорошая восприимчивость практически ко всем видам защитных (антикоррозийных) и декоративных покрытий (меднению, никелированию, кадмированию, хромированию и т. п.), причем без предварительной отделки поверхности.

Все отмеченные преимущества цинковых сплавов для литья под давлением способствовали их широкому распространению как в СССР, так и за рубежом, практически во всех областях машиностроения. Например, в автомобилестроении США в середине 70-х годов масса применяемых цинковых сплавов резко увеличилась, что объясняется широким внедрением литья под давлением. Из цинковых сплавов начали изготавливать не только корпуса карбюраторов, насосов, деталей приборов и агрегатов электрооборудования, как прежде, но и решетки радиаторов, корпуса задних и передних фонарей, декоративные детали. Правда, в последнее время интерес к цинковым сплавам несколько снизился. К ним на смену приходят пластмассы и алюминий, т. е. более легкие материалы. Кроме того, достижения в области технологии литья привели к уменьшению толщины стенок отливок и их облегчению, что также снизило удельное потребление цинковых сплавов в автомобилестроении.

Первые цинковые сплавы для литья под давлением были применены в 60-х годах прошлого столетия. Первые цинковые сплавы для литья под давлением содержали повышенное количество олова, поэтому они имели низкую температуру плавления, легко отливались и хорошо заполняли форму, но были недостаточно прочными и отрицательно влияли на долговечность литейного оборудования. Чтобы уменьшить растворимость железных частей плавильных агрегатов и пресс-оборудования, в сплав начали вводить небольшие добавки алюминия, так как оказалось, что даже небольшие (всего 0,25%) его добавки увеличивают стойкость прессового инст-



Наименование показателей	Сплавы на основе			
	магния	алюминия	цинка	меди
Физические свойства				
Плотность, 10^{-3} кг/м ³	1,75—1,85	2,5—2,7	6,6—6,8	7,9—8,8
Температура плавления, К	873—923	803—873	663—683	1153—1173
Механические свойства				
Временное сопротивление разрыву, МПа	147—215,6	147—343	245—372,4	343—784
Удлинение, %	1—4	1—15	3—10	2—25
Твердость по Бринеллю, МПа	430—588	588—882	588—1176	735—1568
Ударная вязкость, Дж/м ²	2—6	10—18	59—66	25—80
Эксплуатационные характеристики				
Температура литья, К	933—1043	933—1023	693—713	1173—1233
Линейная усадка, %	1,2—1,9	0,9—1,4	1,17	2,2
Отклонение размеров в % от исходного размера	±0,15	±0,15	±0,10	±0,25
Технологические нормы				
Стойкость пресс-форм, число циклов	70 000	50 000	500 000	5000
Минимальный диаметр литых отверстий, мм	2,5	2,5	1,5	5,0
Минимальный шаг литой резьбы, мм	1,5	1,5	1,0	2,0
Толщина стенок (оптимальная), мм	2,5	2,5	1,5	3,5
Удельное давление прессования, МПа	39,2—68,6	31,3—78,4	34,5—39,2	49,0—117,6

румента машин для литья под давлением более чем в 20 раз. Однако попытка увеличить содержание алюминия до 10% и более привели к тому, что отливки начали подвергаться старению — со временем изменяться в размерах, трескаться и разрушаться от коррозии, особенно в теплой и влажной атмосфере. Причина неустойчивости отливок, полученных из таких сплавов литьем под давлением, состояла в том, что в них развивалась межкристаллитная коррозия из-за наличия примесей, особенно таких, как олово, свинец, кадмий, медь.

Влияние содержания меди на процесс старения цинкового сплава показано на рисунке [1, 2 и 3]. Из него видно, что медь сильно влияет на процесс старения сплава. Например, в образцах с содержанием 0,04% меди длина L деталей сокращается в течение первых 20 ч, в дальнейшем размеры практически не изменяются. В связи с этим в 1930 г. в производство был введен сплав, не содержащий меди, но, поскольку полученный сплав имел несколько меньшие показатели механических свойств, чем сплав с 3% меди, был предложен сплав с содержанием 1% меди [4], который и в настоящее время является одним из наиболее распространенных сплавов для литья под давлением.

Для ускорения процесса естественного старения готовых деталей проводят так называемый стабилизирующий низкотемпературный ($T \approx 370$ К) их отжиг на воздухе в течение 3—6 ч (чем ниже температура отжига, тем больше время выдержи). После искусственного старения механические свойства стабилизируются, и изменения размеров практически не происходит.

С целью снижения межкристаллитной коррозии в цинковые сплавы вводят небольшое ($\sim 0,1\%$) количество магния [1, 4 и 6]. Добавки магния способствуют также измельчению зерна и улучшению механических свойств цинковых сплавов. Отливки с присадкой магния через два года имеют почти такую же прочность и удлинение, как и новые. С увеличением содержания магния до 0,2—0,5% механические и литейные свойства сплава ухудшаются (в частности, увеличивается склонность к красноломкости).

Кроме магния, в цинковых сплавах для литья под давлением могут быть свинец, олово, кадмий, железо, кремний, сурьма, висмут, никель и медь (для двойных сплавов «цинк—алюминий»). Их содержание ограничивается, причем олово, кадмия, свинца — очень жестко. Эти элементы практически нерастворимы в цинке в жидком состоянии, в связи с чем при изготовлении отливок они распределяются в основном по границам зерен. Поэтому их присутствие даже в незначительных количествах (тысячные доли процента) резко понижает механические показатели сплава, способствует образованию трещин в отливках и, самое главное, усиливает межкристаллитную коррозию, особенно во влажной атмосфере.

Повышенное содержание железа увеличивает жидкотекучесть сплава, но делает детали менее пригодными к механической обработке и снижает их полируемость из-за образования твердых и хрупких частиц соединений железа с цинком. Температура металла при приготовлении сплава не должна

превышать 740—750 К, так как перегретый металл интенсивней растворяет железные детали литейного и пресс-оборудования и, кроме того, повышает склонность отливок к трещинообразованию.

Действие кремния в сплаве подобно действию железа. Источники загрязнения сплава кремнием — первичный алюминий и песок, попадающий при хранении и транспортировании чушек металла.

Все перечисленные примеси, кроме никеля, висмута и сурьмы, попадают в цинковые сплавы с первичными металлами или из отходов литья, добавляемых при шихтовке сплава. Загрязнение сплава никелем происходит при применении в шихте металлолома, ранее подвергавшегося гальваническому покрытию — никелированию, висмутом и сурьмой — за счет нарушения технологии приготовления сплава или использования загрязненного лома и отходов. Указанные примеси, хотя их содержание и не регламентируется в технических требованиях на литейные сплавы, подобно примесям олова, свинца и кадмия, способствуют развитию межкристаллитной коррозии.

На основании изложенного выше и анализа технических материалов (ГОСТ, технических условий, заводских нормалей и т. д., а также стандартов зарубежных стран) на цинковые сплавы для литья под давлением в НИИАТМе был разработан проект, и с 1 января 1976 г. введен в действие ГОСТ 19424—74 «Сплавы цинковые в чушках для литья под давлением».

В 1978 г. в Болгарии (г. Варна) состоялось совещание специалистов стран — членов СЭВ по вопросам стандартизации в области цветной металлургии, где были согласованы два проекта стандарта СЭВ: «Сплавы цинковые литейные. Марки» и «Чушки цинковых литейных сплавов», которые впоследствии были утверждены Постоянной Комиссией СЭВ по стандартизации. Стандарт СЭВ предназначен для нормативно-технического обеспечения соответствующих задач по углублению и совершенствованию международного сотрудничества и развития социалистической экономической интеграции, а также дальнейшего развития технического прогресса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Литье под давлением* / Под ред. А. К. Белопухова. М.: Машиностроение, 1975. 400 с.
2. *Туркин В. Д., Румянцев М. В.* Структура и свойства цветных металлов. М.: Металлургиздат, 1947. 440 с.
3. *Беккер М. Б.* Литье под давлением. М.: Высшая школа, 1973. 232 с.
4. *Мэрфи А. Дж.* Плавка и литье цветных металлов. М.: Металлургиздат, 1959. 586 с.
5. *Материалы* в машиностроении / Под ред. И. В. Кудряцева. Т. 1. Цветные металлы и сплавы. М.: Машиностроение, 1967. 304 с.
6. *Мальцев М. В.* Металлография промышленных цветных металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1970. 368 с.

УДК 621.961.2.073-187.4

Штамп для малоотходной вырубki и вытяжки

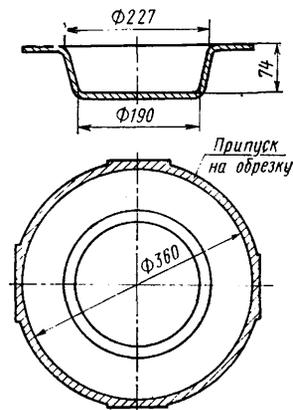
А. Ш. МУРАСОВ, В. Н. ТАЛОНЕРОВ
Ульяновский политехнический институт

На заводах многих отраслей промышленности детали, имеющие форму тел вращения, изготавливают штамповкой — вытяжкой из листового металла. Заготовки, получаемые вырубкой по замкнутому контуру, как правило, имеют круглую форму. Такой раскрой материала очень часто ведет к потерям металла, например, при изготовлении деталей типа тел вращения, когда требуется обрезка припусков по фланцу или высоте.

Чтобы избежать таких потерь, в Ульяновском политехническом институте разработан малоотходный способ раскроя материала на заготовки (А. с. № 634816, СССР), а также конструкция штампа совмещенного действия для изготовления маслоуловителя заднего тормоза (рис. 1).

Сущность способа раскроя полосы на заготовки заключается в том, что заготовка выполняется

хотя и круглой формы, но с четырьмя выступами, позволяющими сохранить высокую стойкость вырубного пуансона и матрицы, которые при разделительных операциях оказываются менее нагруженными, значит, работают дольше. Кроме этого металл между выступами заготовки ос-



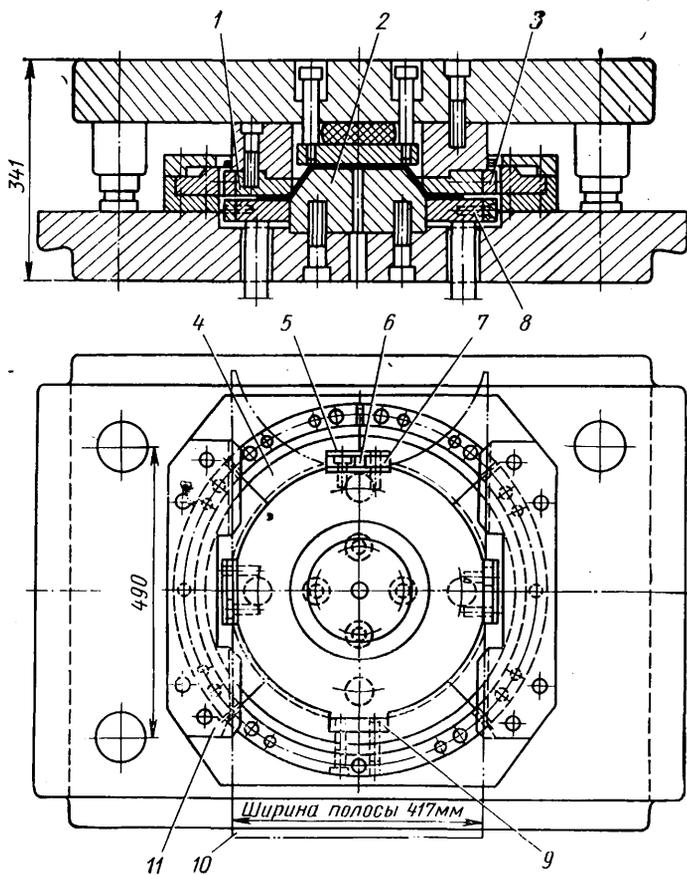


Рис. 2

три паза 5 и вставку 9. Пуансон 1 для вырубki имеет четыре вставки 3, три из которых (боковые и передняя) вырезают меньшие стороны прямоугольных выступов заготовки, а четвертая вставка — со стороны подачи полосового материала — выступ заготовки с трех сторон. Остальная часть заготовки вырубается цилиндрическими частями матрицы и пуансона.

Штамп совмещенного действия работает следующим образом. Полосовой материал 10 (ст. 08кп) толщиной 1,0 мм и шириной 417 мм подается по направляющим 11 в рабочую зону штампа до упора 6, который установлен на выступе 7 прижима 8. При опускании верхней части штампа сначала (при помощи пуансона 1 и матрицы 4 со вставками и пазами) вырубается заготовка, затем при помощи пуансона 2 и матрицы 1 производится вытяжка детали.

Деталь, полученная в этом штампе, имеет прямоугольные выступы, которые попадают в зону припуска на обрезку.

При вырубке заготовки круглой формы с четырьмя выступами в штампе совмещенного действия усилие вырубki снижается на ~20% по сравнению с вырубкой заготовок по замкнутому контуру.

Новый способ раскроя полосы на заготовки и штамп совмещенного действия для изготовления маслоуловителя заднего тормоза внедрены на Ульяновском заводе «Автозапчасть». Это позволило повысить коэффициент использования металла на 11% и получить значительную экономию листовой стали.

Малоотходный способ раскроя полосы на заготовки может быть также использован в штампах простого и последовательного действия при изготовлении различных деталей типа тел вращения вытяжкой с последующей обрезкой припусков по высоте или фланцу.

тается в полосе и его можно использовать для очередных заготовок.

Вырубка заготовки выступами и вытяжка детали осуществляются в штампе совместного действия (рис. 2).

Особенность конструкции данного штампа состоит в том, что его секционная матрица 4 имеет

УДК 629.113.68.16:629.113—036

Материалы для формованных потолков автомобилей

Б. Б. БОБОВИЧ, Н. К. БОЛТАЧЕВА, Е. М. РЕЗВЯКОВ, А. Д. ШУЛЯК, Б. Г. ПОПОВ

Научно-исследовательский институт автотракторных материалов

ОДНИМ из путей увеличения производительности труда в автомобилестроении является применение для отделки салона автомобиля крупногабаритных формованных деталей интерьера: потолков, внутренних панелей дверей, спинки передних сидений, полок под задним стеклом и др.

Например, в формованном потолке можно заранее установить приборы освещения, противосолнечные козырьки, эл-

менты системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Кроме того, применение формованных деталей позволяет снизить трудоемкость монтажа обивки интерьера приблизительно на 30%, уменьшить номенклатуру деталей, улучшить условия труда на сборочном конвейере за счет исключения из производства клеев и стекловолокна, освободить часть площадей главного конвейера для других операций и контроля. Нема-

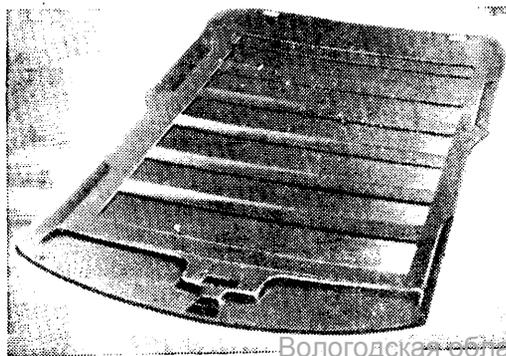


Рис. 1. Формованный потолок с каркасом из прессованного волокнистого материала и отделкой синтетическим ворсовым трикотажем

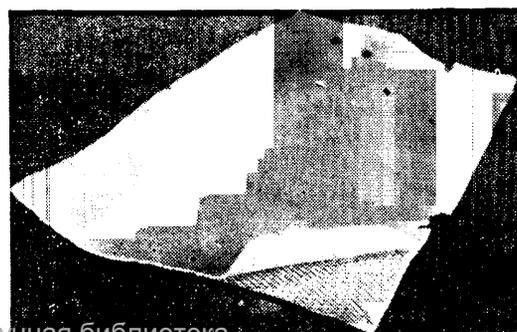


Рис. 2. Формованный потолок из пенополиэтилена, армированный стальной сеткой

ловажно и то, что из заранее формованных деталей можно создавать различные их сочетания, т. е. разнообразить внутреннюю отделку автомобиля. Именно из-за этих преимуществ многие ведущие зарубежные автомобильные фирмы уже давно применяют формованные детали, а многие — освоили их производство.

Особый интерес среди формованных деталей представляют потолки (рис. 1) — наиболее крупные из этих деталей. Они состоят из несущего каркаса, отделанного декоративным материалом, и монтируются на автомобиле в течение нескольких минут, так как для этой цели используются крепежные детали плафона верхнего света, противосолнечных козырьков, поручней или специальные зажимы. Для улучшения интерьера автомобиля кромки потолка заделываются пластмассовыми кантами, накладками, а иногда его края закрываются боковыми деталями кузова.

Как уже упоминалось, основным элемент формованного потолка — это каркас. Для его изготовления применяются пенополистирол, химически и радиационно сшитый пенополиэтилен, жесткий пенополиуретан («байнат»), высоконаполненный полипропилен («вуд-сток»), а также прессованный волокнистый материал, пропитанный фенолформальдегидной смолой («порозо»). Некоторые физико-механические свойства этих материалов приведены в таблице (максимальное напряжение при изгибе определено в соответствии с ГОСТ 4648—71, коэффициент звукопоглощения — ГОСТ 19358—74).

Одним из основных показателей формованных потолков является формоустойчивость. Как видно из таблицы, такие материалы, как пенополистирол, пенополиэтилен, обладают низким сопротивлением изгибу, поэтому каркасы потолков из этих материалов приходится армировать металлическими усилителями-штангами или стальной сеткой (рис. 2). Это, естественно, усложняет технологию их изготовления и приводит к дополнительному расходу металла.

Второе важное свойство каркасов потолков — их способность сохранять свою форму при нагревании. Как следует из той же таблицы, увеличение температуры технологического процесса, например, при подкраске автомобиля приводит к снижению сопротивления всех перечисленных в ней материалов изгибающим нагрузкам. Особенно низки показатели у пенополистирола и пенополиэтилена, однако у материалов типа «вуд-сток» и «порозо» абсолютные значения допустимых напряжений при изгибе при повышенной температуре достаточно высоки, что позволяет делать каркасы формованных потолков из этих материалов самонесущими.

Что касается звукоизолирующих свойств, то, как показали испытания, каркасы формованных потолков, за исключением потолка из материала типа «порозо», обладают высокими коэффициентами звукопоглощения. Вместе с тем акустические характеристики формованных потолков могут быть улучшены. Достигается это путем придания потолкам специальной формы, формирования внутренних плоскостей в них, установка потолка на некотором расстоянии от панели крыши, а также за счет применения облицовочных материалов. Например, применены в каркасе из пенополистирола толщиной 20 мм резонаторы диаметром 40 мм и глубиной 10 мм, коэффициент звукопоглощения потолка на частоте 500 Гц удается повысить на 12%.

Шум в салоне автомобиля снижается, а деформирование колебаний панели крыши формованного потолка улучшается,

Показатели	Пенополистирол неармированный	Пенополиэтилен		Пенополиуретан жесткий «байнат»	Наполненный полипропилен «вуд-сток»	Прессованный волокнистый материал «порозо»
		неармированный	армированный стальной сеткой			
Толщина, мм	20	6,0	6,0	4,0	3,0	7,0
Масса 1 м ² , г	750	1050	1620	1010	2250	2200
Максимальное напряжение при статистическом изгибе, МПа:						
	при 293 К	1,0	0,9	1,72	2,5	33,5
при 373 К	0,2	0	1,07	0,77	11,7	3,55
Коэффициент звукопоглощения, % на частоте:						
	500 Гц	7	4	4	5	7
1000 Гц	11	5	5	8	8	21

когда со стороны крыши устанавливают прокладки из эластичного пенополиуретана толщиной 5—10 мм. Если потолок изготовлен из материала «порозо» и «байнат», то такие же результаты достигаются при чередовании областей каркаса, имеющих различную жесткость и плотность.

В качестве декоративных материалов для отделки формованных потолков используют поливинилхлоридные пленки, искусственные кожи на синтетическом трикотаже, синтетический ворсовый трикотаж, тафтинговые ковровые материалы. Обычно эти материалы с целью улучшения акустических свойств формованных потолков дублируют эластичным пенополиуретаном толщиной 2—3 мм, а искусственные кожи и пленочные материалы, применяемые для отделки, еще и перфорируют. Использование пенополиуретана, помимо повышения способности потолка к звукопоглощению, улучшает и органолептические свойства интерьера автомобиля.

Одним из основных требований, предъявляемых к декоративно-отделочным материалам, является способность к высокой степени удлинения при разрыве (по данным некоторых зарубежных фирм эти материалы должны иметь относительное удлинение при разрыве в пределах 100—150%).

Способ изготовления формованных потолков зависит от особенностей материалов каркаса и отделочного слоя. Это может быть термовакуумформование, прессование в горячих или холодных формах, горячая штамповка и др. Так, панели из листового пенополиэтилена, обладающего низкой теплопроводностью, формируются на машинах с двусторонним обогревом при температуре 380—410 К. Каркасы из пенополистирола изготавливают методом спекания в форме предварительно вспененных гранул полистирола. Каркасы из материала «порозо» получают двухстадийным прессованием в формах при температуре 470—490 К текстильных отходов, пропитанных термоактивными смолами. Распространенным способом получения формованных деталей является также горячая штамповка. Этим методом можно изготавливать каркасы из пенополиэтилена, жесткого пенополиуретана, высоконаполненного полипропилена.

Материал каркаса с отделочным покрытием соединяют в зависимости от вида применяемых материалов либо до формования, либо в момент формования потолка.

Таким образом, формованные потолки можно изготавливать из широкого набора полимерных материалов с использованием различных технологических процессов. Выбор материалов и способ изготовления определяются техническими, эстетическими и экономическими требованиями. Формованные потолки и другие детали в дальнейшем будут находить все более широкое применение, так как они повышают эстетический уровень оформления салонов автомобилей, улучшают условия и увеличивают производительность труда в сборочном производстве.

ИНФОРМАЦИЯ

УДК 331.876:061.4:629.113.002

НА ВДНХ СССР ОНИ НАГРАЖДЕНЫ МЕДАЛЯМИ ВДНХ

РАЦИОНАЛИЗАТОРЫ отрасли, в том числе и молодые новаторы, вносят значительный вклад в дело совершенствования автомобильной техники. Например, на Ярославском моторном заводе от внедрения рационализаторских предложений за пятилетку была получена экономия около 10 млн. руб., причем 1 млн. руб. — в счет использования предложе-

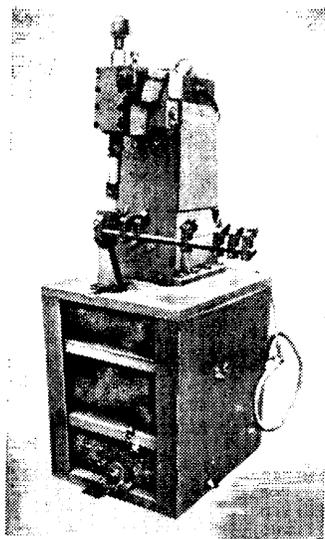


Рис. 1

ний, внесенных комсомольцами и молодежью завода. Каждый девятый молодой моторостроитель является рационализатором.

Для привлечения молодежи к техническому творчеству на Ярославском моторном заводе предусмотрено поэтапное обучение: школа молодого рационализатора — факультет молодого новатора, в которых в 1980 г. занималось соответственно 500 и 90 человек.

С целью решения возникающих проблем на заводе ежегодно создается около 200 творческих молодежных бригад. Широко практикуется воспитание молодых рационализаторов наставниками молодежи, многие из которых являются активными рационализаторами и изобретателями.

Большую работу на ЯМЗ по привлечению молодежи к техническому творчеству проводят передовики производства, лучшие рационализаторы завода: старший мастер кузнечного цеха Заслуженный рационализатор РСФСР Н. Я. Мельников, слесарь инструментального цеха № 3 В. П. Естрахин, старший мастер литейного цеха № 2 Ю. К. Аминов, начальник технологического бюро литейного цеха № 3 Л. А. Кусакин и другие. Всего в 1979 г. с помощью наставников было подготовлено 146 рационализаторов.

Эффективной формой привлечения пришедшей на предприятие без специального образования молодежи к научно-техническому творчеству стало создание кружков НТТМ.

На Минском автозаводе, так же как и на Ярославском моторном заводе, большое участие в создании рационализаторского фонда экономии принимают комсомольцы и молодежь. Так, например, в смотре научно-технического творчества новаторов завода приняло участие 48% работающей молодежи.

Каждый пятый молодой автозаводец — рационализатор. В период смотра поступило 3677 предложений, из которых 1986 внедрено в производство, в результате чего получена экономия 859 тыс. руб.

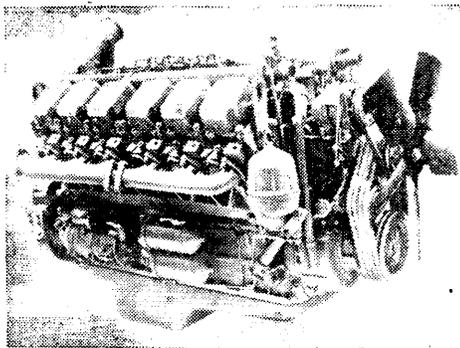


Рис. 2

На автозаводе создано 83 штаба «комсомольского прожектора», 69 кружков НТТМ, 135 молодежных комплексных бригад. Большое внимание уделяется подрастающему поколению — производственники шефствуют над школьниками.

На Центральной выставке НТТМ—80 от Ярославского моторного завода экспонировалось семь лучших работ молодых рационализаторов и от Минского автозавода — пять работ.

За разработку и внедрение на Ярославском моторном заводе приспособления для гибки труб (рис. 1) серебряной медалью ВДНХ СССР награжден инженер-конструктор А. А. Гузаков, бронзовой медалью — инженер-конструктор И. П. Хорьков.

Приспособление предназначено для многоколенной гибки топливных трубок двигателей ЯМЗ-840 и ЯМЗ-240Н. Механическая программа для автоматического регулирования хода гибочного пуансона и устройства для ориентации трубки в пространстве обеспечивают быструю настройку приспособления на различные виды трубок. Максимальное число гибов 10, максимальный уголгиба 180°, диаметр изгибаемой трубы до 20 мм, габаритные размеры приспособления 600×500×1500 мм. Годовой экономический эффект от внедрения составил 21 тыс. руб.

Бронзовыми медалями ВДНХ СССР за разработку новой конструкции индивидуальной головки для каждого цилиндра для двигателя ЯМЗ-240 автомобилей БелАЗ и тракторов К-701 (рис. 2) награждены инженеры-конструкторы Л. С. Аршинов и В. К. Кузнецов. Головка создана с целью повышения долговечности цилиндров и надежности работы уплотнения газового стыка. В отличие от серийных двигателей применена индивидуальная головка цилиндра с металлической прокладкой газового стыка (вместо головки на три цилиндра). Крепление двух соседних головок осуществляется крепежными деталями специальной конструкции, которые обеспечивают компенсацию разности высот между головками. Ресурс индивидуальных головок цилиндров увеличивается по сравнению с серийным в 2,5 раза. Экономический эффект в народном хозяйстве составляет 100 тыс. руб.



Рис. 3

За разработку и внедрение в производство новой коробки передач самоходного кормоуборочного комбайна ЯСК-170 (рис. 3) бронзовыми медалями ВДНХ СССР награждены начальник бюро И. И. Козлов и инженеры-конструкторы А. И. Лушников и А. В. Котов. В коробке передач применен дистанционный пневматический привод управления передачами. Переключение передач осуществляется без разрыва потока мощности. Повышена проходимость комбайна в условиях бездорожья. Экономический эффект 120 тыс. руб.

За разработку и внедрение на Минском автозаводе электромагнитного воздушораспределителя для дистанционного управления пневмоцилиндром дополнительной коробки передач награжден золотой медалью ВДНХ СССР инженер-конструктор А. В. Евстратовский. Отличительной особенностью распределителя являются двухседельные клапаны, установленные соосно друг другу и поршню. Надпоршневая полость сообщается через канал потребителя поочередно с полостью высокого давления и атмосферой. Габаритные размеры 90×80×180 мм, масса 3,5 кг.

Разработано и внедрено в производство устройство для переключения передач коробки передач транспортного средства с опрокидываемой кабиной. За проделанную работу серебряной медалью ВДНХ СССР награжден начальник отдела И. Ф. Кисляков и бронзовой медалью ВДНХ СССР слесарь-инструментальщик Н. В. Бенецкий.

Устройство предназначено для дистанционного управления коробкой передач.

За разработку тягово-сцепного устройства тягача МАЗ-5336 с прицепом награжден бронзовой медалью ВДНХ СССР инженер-конструктор И. В. Бахар.

Тягово-сцепное устройство типа шкворень — петля предназначено для сцепки тягача с прицепом и для его буксировки. Отличительной особенностью устройства является уменьшенный до минимума зазор в сцепке, а также оригинальная фиксация при помощи резиновой подушки. Габаритные размеры 500×220×200 мм, масса 39 кг.

В. Б. ПАУТОВА

АВТОМАТЫ И ПОЛУАВТОМАТЫ

РЕЗЬБОНАКАТНЫЙ АВТОМАТ мод. 2АР-10Б (рис. 1) предназначен для правки стержня и накатывания резьбы на болте шатуна. Все операции выполняются последовательно, инструмент — системы «ролик-сектор». Детали загружаются автоматически, с помощью наклонного цепного транспортера, оборудованного ориентирующим устройством. Главный привод выполнен в виде редуктора с гипоидной мушкетерской парой, что значительно увеличивает его межремонтный ресурс.

Техническая характеристика автомата

Производительность, шт./мин	60
Размеры обрабатываемого изделия, мм:	
диаметр резьбы	M10
длина стержня	62
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	60
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	8,6
Габаритные размеры, мм	3115×1385× ×1840
Масса, кг	2600

Разработчик и изготовитель — Государственный завод «Красная Этна».

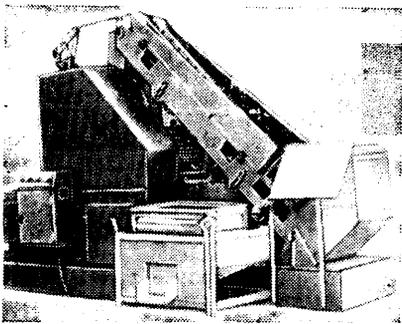


Рис. 1

Резьбонакатный автомат мод. АР-10 (рис. 2) предназначен для накатывания резьбы на деталях стержневого типа с головками (болты, винты), а также на изделиях с размером головки под ключ, равным диаметру резьбы (типа соединительной гайки), что возможно благодаря установке специальных направляющих бункера, позволяющих производить подачу заготовки к резьбообразующему инструменту в ориентированном положении. Накатывание резьбы происходит между вращающимся роликом и неподвижным сегментом.

Техническая характеристика автомата

Производительность, шт./мин:	
при однозаходном кулаке	150
при двухзаходном кулаке	300
Размеры обрабатываемых изделий, мм:	
диаметр резьбы	M10; M12
длина резьбы	45
длина стержня	75

Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	75
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	9,48
Габаритные размеры, мм	1910×880× ×1670
Масса, кг	1680

Разработчик и изготовитель — Государственный завод «Красная Этна».

Специальный отделочно-обточной полуавтомат мод. 9100-001 (рис. 3) повышенной точности предназначен для чистового копирного обтачивания наружной поверхности юбки поршня с переменным овалом и конусом, подрезания торца, протачивания радиуса на головке поршня, калибрования трех призматических и двух прямо-

Техническая характеристика полуавтомата

Производительность, дет./ч	40
Частота вращения обрабатываемых деталей, мин ⁻¹	500
Частота вращения шпинделей привода резовых барабанов, мин ⁻¹ :	
при холостой подаче	1,4
при рабочей подаче	0,7
Продольный ход стола, мм	200
Скорость ускоренного хода стола, м/мин	2,5
Пределы подачи стола, мм/мин	10—500
Число одновременно обрабатываемых деталей, шт.	2
Мощность, кВт:	
электродвигателя привода резовых барабанов	1,4
главного привода	4,4
привода гидростанции	2,2
Вместимость бака для смазывающе-охлаждающей жидкости, л	50
Габаритные размеры полуавтомата, мм	2140×2700× ×1630
Масса, кг	5540

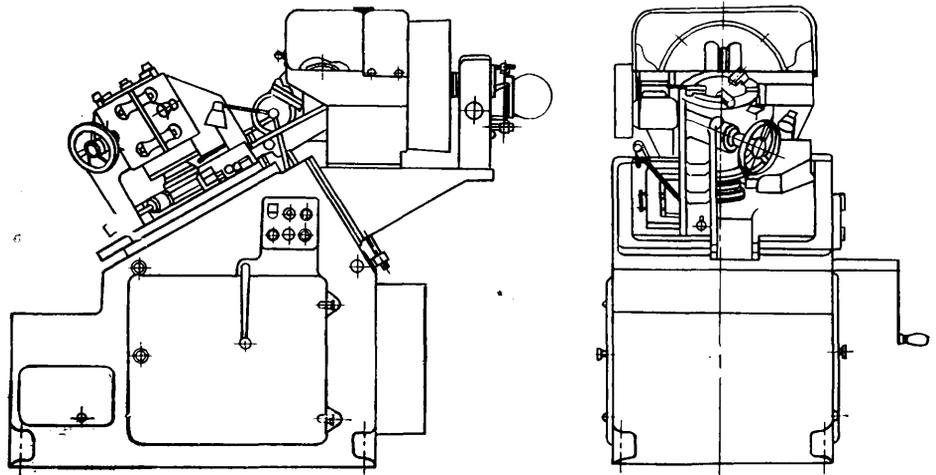


Рис. 2

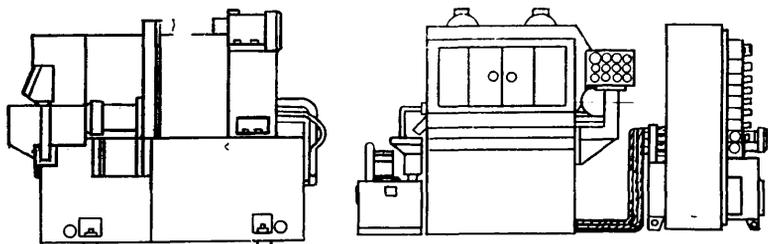


Рис. 3

угольных канавок. Полуавтомат оснащен механизмом бесступенчатого регулирования величины подачи стола и четырехшпиндельной головкой.

Разработчик и изготовитель — Ярославский моторный завод.

В. Ф. РЖЕВСКИЙ, А. З. БРОДСКИЙ

АЭРОДИНАМИКА СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ САЛОНА АВТОМОБИЛЯ ВАЗ-2105

3 АДАЧА системы вентиляции салона легкового автомобиля состоит в том, чтобы обеспечить подачу свежего воздуха, равномерно распределить его по салону, не допустить обмерзания и запотевания смотровых стекол в последний и переходный период года. Последнее с точки зрения безопасности движения особенно важно.

Обмерзание и запотевание смотровых стекол можно устранить, если их подогреть до температуры выше точки конденсации паров влажного воздуха, находящегося в салоне. Это обычно достигается равномерным обдувом стекол теплым воздухом. Такая защита стекол от запотевания конструктивно проста, не ухудшает их оптических свойств, но требует — из-за малой теплоотдачи стекла — больших расходов воздуха. В существующих системах вентиляции для обогрева стекол теплый воздух подается из плоского сопла. Эффективность такой струйной защиты стекол от запотевания будет определяться температурой и скоростью струи в зоне стекла [1], причем температурный перепад в струе воздуха на поверхности рабочей зоны смотрового стекла будет тем выше, чем больше скорость струи. Следовательно, эффективность струйной защиты стекол от запотевания будет зависеть от скорости истечения потока из сопла, т. е. фактически от конструкции сопла.

При доводке конструкции и места установки сопла наиболее сложно определить среднюю скорость потока на выходе из него при изменении режима работы системы вентиляции. Это связано с отсутствием достаточно надежных и малогабаритных анемометров, значительной неравномерностью распределения скоростей на выходе, образованием зон завихрений, обратных токов и т. д.

Наиболее часто среднюю скорость потока на выходе из сопла определяют по методике [2], согласно которой систему вентиляции представляют как цепочку сопротивлений отдельных участков. Каждое из этих сопротивлений определяют экспериментальным путем, суммируют их и, используя характеристики вентилятора, определяют расходы воздуха через систему и каждый насадок воздухораспределителя.

Недостаток такой методики очевиден: она требует экспериментальной продувки каждого участка системы вентиляции,

что не всегда возможно. Этого недостатка не имеет методика, разработанная специалистами Азово-Черноморского института механизации сельского хозяйства и Волжского автозавода им. 50-летия СССР. Суть ее рассмотрим на примере исследования системы вентиляции салона автомобиля ВАЗ-2105, принципиальная схема которого показана на рис. 1.

Как видно из рисунка, воздух забирается через решетку капота и далее идет через блок отопителя по линии «короб воздухозаборника — радиатор отопителя — осевой вентилятор». После вентилятора воздух распределяется к соплам обдува ветрового стекла, боковым дефлекторам обдува стекол передних дверей кузова и нижнему люку обдува зоны ног водителя и пассажира, сидящего на переднем сиденье.

По аналогии с электрической цепью блок отопителя можно представить в виде схемы, состоящей из отдельных сопротивлений (рис. 2): воздухозаборника (коэффициент сопротивления z_1); радиатора отопителя (z_2); участка поворота на входе в сопла (z_3); патрубка с соплами (z_4); участок поворота в нижний люк (z_5) и на вход в левый и правый боковые патрубки (z_6 ; z_7); левого и правого боковых патрубков (z_8 ; z_9); левого и правого боковых дефлекторов (z_{10} , z_{11}).

Путем продувки на стенде [2] были определены только коэффициенты (в $\text{kPa} \cdot \text{c}^2/\text{m}^6$) $z_7=145,43$; $z_8=129,13$; $z_{10}=115,3$; $z_{11}=129,13$; $z_4=35,43$. Из-за невозможности выделить в виде отдельных элементов другие участки их коэффициенты сопротивлений определялись не путем продувки каждого, а путем поочередного отключения или подключения некоторых элементов системы. Для этого на аэродинамическом стенде сначала определяли напорную характеристику осевого вентилятора блока отопителя, т. е. зависимость полного напора от производительности вентилятора. Затем на входе в блок отопителя устанавливали два измерительных коллектора и измеряли расход воздуха через блок, по напорной характеристике вентилятора определяли соответствующее данному расходу падение напора ΔH в системе и вычисляли ее коэффициент сопротивления z . Повторяя такие измерения, при удалении из системы отдельных сопротивлений или перекрытии отдельные воздуховоды, получали целую комбинацию суммарных соп-

ротивлений. Например, если закрыть боковые дефлекторы, то $z_6=z_7=z_8=z_9=z_{10}=z_{11}=0$. Если при этом закрыть нижний люк обдува ($z_5=0$), убрать радиатор ($z_2=0$) и воздухозаборник ($z_1=0$), то суммарное сопротивление $z=z_3+z_4$, и т. д.

В рассматриваемом конкретном случае при продувке блока отопителя был получен расход воздуха $Q=215,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Этому расходу соответствует $\Delta H=154 \text{ Па}$. Величина суммарного коэффициента сопротивления z_3+z_4 при закрытых дефлекторах и нижнем люке обдува равна $42,9 \text{ kPa} \cdot \text{c}^2/\text{m}^6$. Отсюда $z_3=7,48 \text{ kPa} \cdot \text{c}^2/\text{m}^6$. Таким же образом были получены величины коэффициентов сопротивления других участков блока отопителя: (в $\text{kPa} \cdot \text{c}^2/\text{m}^6$): $z_1=1,12$; $z_2=29,59$; $z_5=6,8$; $z_6=z_9=156,56$.

При работе блока отопителя в системе вентиляции возможны четыре режима работы: обогрев ветрового стекла (воздухоприток к соплам открыт, нижний люк и боковые патрубки закрыты); обогрев салона (воздухоприток к соплам и нижний люк открыты, боковые патрубки закрыты); обогрев салона (нижний люк и боковые патрубки открыты, воздухоприток к соплам закрыт); обогрев стекол передних дверей (боковые патрубки открыты, нижний люк и воздухоприток к соплам закрыты).

Воспользовавшись аналогией с последовательной и параллельной цепями, можно найти суммарные коэффициенты сопротивлений для каждого из этих режимов, что и было сделано. При этом оказалось, что суммарный коэффициент сопротивления блока отопителя на первом режиме (в $\text{kPa} \cdot \text{c}^2/\text{m}^6$) $z_{12}=72,5$; на втором — $z_{14}=33,07$; на третьем — $z_{19}=33,9$ и на четвертом — $z_{20}=133,5$.

Далее определяли аэродинамическую характеристику блока отопителя на каждом режиме и полученные кривые накладывали на напорную характеристику $H=j(Q)$ вентилятора блока. Точка пересечения напорной характеристики и характеристики блока дает номинальное значение расхода воздуха на соответствующем режиме. Например, для автомобиля ВАЗ-2105 (рис. 3) расход воздуха на первом режиме составил $187 \text{ м}^3/\text{ч}$, т. е. на этом режиме на каждую половину ветрового стекла подается $93,5 \text{ м}^3$ воздуха в час. При сечении каждого сопла,

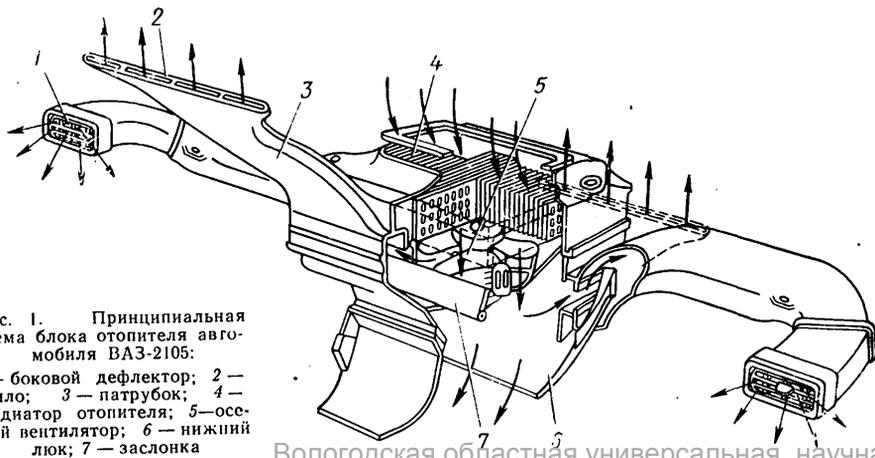


Рис. 1. Принципиальная схема блока отопителя автомобиля ВАЗ-2105:
1 — боковой дефлектор; 2 — сопло; 3 — патрубок; 4 — радиатор отопителя; 5 — осевой вентилятор; 6 — нижний люк; 7 — заслонка

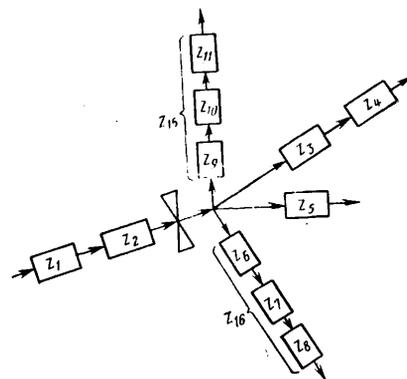


Рис. 2. Схема замещения блока отопителя отдельными сопротивлениями

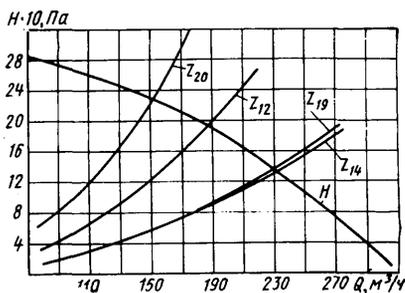


Рис. 3. Аэродинамические характеристики блока отопителя и его вентилятора

равном $0,0027 \text{ м}^2$, средняя скорость потока на выходе из сопла составит $9,6 \text{ м/с}$.

Расход воздуха на втором режиме составил $231 \text{ м}^3/\text{ч}$. Поскольку падение напора в воздухопритоке к соплам и в нижнем люке одинаково, то можно записать $\Delta H = z_5 Q_1^2 = (z_3 + z_4) Q_2^2$; $Q_1 + Q_2 = 0,0641 \text{ м}^3/\text{с}$. (Здесь Q_1 — расход

воздуха через нижний люк; Q_2 — расход воздуха через сопла). Отсюда нетрудно найти, что расход воздуха через нижний люк составит $165,25 \text{ м}^3/\text{ч}$, а расход воздуха через сопла — $65,75 \text{ м}^3/\text{ч}$, т. е. через каждое сопло расход воздуха составит $32,875 \text{ м}^3/\text{ч}$. При этом скорость струи на выходе из сопла $3,4 \text{ м/с}$.

На третьем режиме через блок будет проходить 228 м^3 воздуха в час. Исходя из равенства потерь напора в нижнем люке и в каждой патрубке, можно найти, что расход воздуха через нижний люк составит $181,49$, через левой боковой патрубков — $22,8$ и через правой боковой патрубков — $23,62 \text{ м}^3/\text{ч}$. При активном сечении боковых дефлекторов, равном $0,00186 \text{ м}^2$, скорость на выходе из правого дефлектора составит $3,5 \text{ м/с}$, а скорость струи на выходе из левого дефлектора — $3,39 \text{ м/с}$.

На четвертом режиме расход воздуха равен $151 \text{ м}^3/\text{ч}$. Находим, что через правый боковой дефлектор пройдет $76,7$, а через левый — $74,3 \text{ м}^3$ воздуха в час. Скорость струи на выходе из правого

дефлектора составит $11,45$, на выходе из левого дефлектора — $11,09 \text{ м/с}$.

Из расчета следует, что средние скорости потоков на выходе из сопел в режиме оттаивания ветрового стекла и на выходе из боковых дефлекторов в режиме оттаивания стекол передних дверей у автомобиля ВАЗ-2105 вполне достаточны и для того, чтобы обеспечить эффективную очистку запотевших или замерзших ветрового и боковых стекол. Расход воздуха через нижний люк в режиме обогрева салона таков, что вполне позволяет создать оптимальный микроклимат в салоне в холодный период года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Талиев В. Н. Аэродинамика вентиляции. М.: Стройиздат, 1979. 295 с.
2. Хохряков В. П., Хохряков Б. Н. Исследование элементов системы вентиляции кабины автомобиля КамАЗ. — Автомобильная промышленность, 1981, № 7, с. 18—19.

В. П. ХОХРЯКОВ, Б. Н. ХОХРЯКОВ

УДК 629.113.011.67

ДЕТЕРМАЛЬНОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

ОДНИМ из способов улучшения микроклимата в автомобиле в летних условиях является применение на нем детермального остекления, которое значительно уменьшает воздействие прямых солнечных лучей на человека. Необходимость в таком остеклении есть: в летнее время повсеместно увеличивается поток пассажиро- и грузоперевозок автомобильным транспортом; растет число автомобилей в южных районах страны; расширяются экспортные поставки отечественных автомобилей в страны с тропическим климатом.

Учитывая это, ВНИИТехстройстекло разработал технические условия¹ и создал опытные образцы детермального стекла (теплопоглощающего).

Если сравнить это стекло (в пересчете на толщину 6 мм) со стеклами, выпускаемыми за рубежом (см. таблицу), можно видеть, что спектральные характеристики детермальных стекол отечественного и зарубежного производства отличаются незначительно и соответствуют рекомендациям Европейской экономической комиссии при ООН для автотранспорта. В рекомендации предписывается в качестве детермального стекла использовать только полированное стекло со светопропусканием в видимой области спектра не менее 75% для ветрового стекла и не менее 70% — для бокового и заднего остекления автомобиля и пропусканием не более 52% полной солнечной радиа-

ции, что примерно соответствует пропусканию ближней инфракрасной области спектра в 32—35%.

Образцы детермального остекления ВНИИТехстройстекло были установлены на легковой автомобиль и испытывались в районах Крыма, Северного Кавказа и Подмоскovie. Объективные и субъективные оценки эффективности детермального остекления сравнивались с аналогичными оценками обычного остекления.

Объективная оценка эффективности была получена путем измерения температуры в кузове автомобиля; внутри стеклянной черной колбы; на рулевой колонке; на задней полке и щитке приборов автомобиля; на внутренней и наружной поверхностях ветрового и бокового заднего левого стекла. Субъективную оценку делали специалисты, участвующие в испытаниях (ответы на одинаковые, заранее подготовленные вопросы).

Оценка эффективности теплопоглощающего стекла проводилась на стоянке (без пассажиров и водителя), в движении автомобилей при закрытых окнах и выключенной приточной (через отопитель) вентиляции и в движении при открытых окнах. Кроме того, оценка давалась и при движении автомобилей в ночное время.

Результаты проведенных испытаний показали существенное (на 16,5—24,2%) снижение суммарной солнечной радиации в автомобиле с теплопоглощающим остеклением, причем температура поверхности теплопоглощающих стекол была незначительно (на ~3К) выше, чем температура поверхности обычных стекол.

Отмечено также, что температура воздуха внутри автомобиля с теплопоглощающим остеклением была ниже на 3 К, чем в автомобиле с обычным остеклением.

Субъективная оценка всех участников испытаний была одинаковой: эффективность теплопоглощающего остекления высока. Правда, при движении в ночное время суток испытатели отмечали некоторое снижение видимости. Этот факт объясняется тем обстоятельством, что светопропускание изготовленного для испытаний триплекса на основе теплопоглощающего стекла в интервале 400—700 нм составляет 73%. Но одновременно замечено, что резкость очертаний предметов в этих условиях значительно выше, чем при обычном остеклении.

Необходимо отметить, что разность температур на внутренних и наружных поверхностях стекол зависит от скорости движения автомобиля. Так, если на стоянке она в некоторых случаях достигала 6,3 К, то при скорости автомобиля 90 км/ч — лишь 1,5—2 К.

Анализ результатов стендовых и дорожных испытаний детермального (теплопоглощающего) остекления для легковых автомобилей позволяет сделать ряд практических выводов:

детермальные (теплопоглощающие) стекла заметно снижают степень воздействия на человека проникающей в салон автомобиля солнечной радиации, причем чем выше интенсивность солнечной радиации, тем эффективнее такие стекла; теплопоглощающие стекла снижают нагрев поверхностей элементов конструкции автомобиля, расположенных в салоне;

теплопоглощающие стекла можно рекомендовать для широкого использования в качестве остекления салонов и кабин автомобилей и других транспортных средств.

¹ Технические условия ТУ 21-54-30-78. Стекло листовое термическое полированное, теплопоглощающее для легковых автомобилей.

Изготовитель стекла	Спектральное пропускание, %	
	в видимой области (400—750 нм)	в инфракрасной области (750—2600 нм)
Фирма РРГ (США)	78	35
Фирма Сен-Гобен (Франция)	79	33
ВНИИТехстройстекло	82	33
Львовский стеклозавод	80	36

В. И. ЗАДУМИН, Н. Н. ТРОШИН,
Б. Е. РОМАНОВ, Н. С. ЕГОРОВА,
Е. А. МАЛИНИН, Ф. Г. ХАЙДУКОВ,
А. А. ДЕМИН, Ю. А. КОШТАРЕВ,
С. И. ГОРДИЕНКО

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В АВТОМОБИЛЯХ КАПИТАЛИСТИЧЕСКИХ СТРАН

В АЖНЕЙШЕЙ проблемой современного автомобилестроения является уменьшение массы автомобиля. Один из путей решения этой проблемы — внедрение новых материалов (углепластов, стекловолокна, керамики, слонстых материалов и т. д.), сокращение использования литья из углеродистых сталей и чугуна и замена его алюминием, пластмассами и особенно высокопрочными сталями. Об этом свидетельствуют данные табл. 1, где показано изменение объемов и структуры применяемых материалов для типичного американского легкового автомобиля за период 1975—80 гг.

Из таблицы видно, что использование стали в автомобилях в 1980 г. (по сравнению с 1975 г.) сократилось на 11%, при этом доля высокопрочной стали увеличилась в 2 раза. Можно

чекским покрытием, имеющие высокое сопротивление смятию, которые предназначаются для изготовления панелей кузова автомобиля, крыльев дверей, капотов и т. д.

В 1978 г. в США масса автомобильных деталей из высокопрочных сталей составляла ~3% от общей массы, а из обычных сталей — 59%. Предполагается, что к 1985 г. эти показатели станут равными соответственно 10 и 49%.

Потребление чугуна в производстве автомобилей, так же как и стали, существенно сокращается. Если в 1977 г. в США на один легковой автомобиль затрачивали в среднем 250 кг чугуна (включая блок цилиндров), то в 1985 г. его расход должен снизиться до 140 кг. К 1985 г. общее потребление чугуна в отрасли (на

автомобилестроение Японии все больший интерес проявляет к материалам, позволяющим уменьшить собственную массу автомобиля. Это высокопрочная листовая сталь, нержавеющая сталь, алюминиевые сплавы, пластмассы. Например, в 1971 г. на изготовление одного автомобиля шло 2,6 кг нержавеющей стали, 33,2 кг алюминиевых сплавов, 19 кг пластмасс; в 1978 г. уже 9,2; 29,5 и 40,1 кг. Фирма Ниппон Стир разработала новые марки высокопрочной низколегированной стали, применение которых позволяет снизить массу кузовных панелей на ~10%.

Высокопрочные стали применяются и в западноевропейском автомобилестроении. Так, фирма Фольксваген (ФРГ) к 1985 г. планирует в 2—3 раза увеличить потребление высокопрочных легированных сталей и за счет этого снизить массу стальных деталей автомобиля на ~15%.

Содержание основных материалов в различных моделях европейских автомобилей приведено в табл. 3.

Таблица 1

Материалы	Содержание материалов в типичном американском легковом автомобиле по годам, %					
	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Сталь, всего ¹	64,7	64,3	63,7	63,0	62,3	62,1
В том числе:						
нержавеющая	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
высокопрочная	2,6	3,2	3,5	3,7	4,5	5,2
низколегированная						
Чугун	15,3	14,9	14,7	14,3	14,3	14,4
Алюминий	2,1	2,3	2,7	3,1	3,7	3,9
Медь	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
Цинк (литье)	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	0,6
Свинец	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Стекло	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5
Пластмассы	4,1	4,3	4,6	5,1	5,6	5,8
Резина	3,9	4,1	4,1	4,1	4,1	3,9

¹ Включая незначительное количество (около 1%) нестальных материалов.

отметить также снижение доли чугуна и повышение доли алюминия (в 1,6 раза) и пластмасс (в 1,3 раза). Эта же тенденция, видимо, сохранится и на перспективу.

С расширением применения новых материалов, имеющих высокие физико-механические показатели, роль стали в автомобилестроении заметно уменьшается. Зарубежные специалисты считают, что к 1985 г. ежегодное снижение массы обычной стали составит 32—38 кг на один автомобиль.

Наряду с этим наблюдается рост использования высокопрочных сталей, обладающих хорошей пластичностью, штампуемостью, прочностью и имеющих меньшую массу. Так, применение американскими фирмами сталей типа HSLA с пределом текучести 270—1300 МПа (в 2,5 раза прочнее обычной мягкой стали) позволяет изготавливать из них детали на 15—20% легче обычных. По прогнозам концерна Форд, в 1985 г. удельный расход сталей HSLA возрастет до 140 кг, что уменьшит массу автомобиля на 12%.

В новых моделях автомобилей фирмы Крайслер из высокопрочных сталей изготовлены 60 различных деталей, общая масса которых составляет 77 кг. Сейчас эта фирма совместно со сталелитейными фирмами разрабатывает стали с односторонним гальвани-

производство легковых автомобилей) сократится, как предполагают, до 1500 тыс. т по сравнению с 2000 тыс. т в 1976 г. Этому будет способствовать новая технология литья, которая позволяет получать тонкостенные чугунные детали и профили, значительно облегчающие конструкцию, а также использование высокопрочного чугуна.

В табл. 2 приведены данные, характеризующие расход материалов на изготовление японских автомобилей.

Таблица 2

Материалы	Доля конструкционных материалов в общей массе автомобиля, %		
	Легковой автомобиль	Грузовой автомобиль	Автобусы
Углеродистая сталь	61,7	55,7	56,7
Легированная сталь	16,0	20,4	19,9
Цветные металлы	4,7	4,7	3,0
Неметаллические материалы	14,4	15,9	16,5

Так, автомобили фирмы Хонда включают 77,8% стали (в том числе ~52% углеродистой и ~26% легированной), чугуна — 3,3%, алюминия — 4,7%. Статистика свидетельствует также, что

Таблица 3

Модель автомобиля	Содержание основных материалов в европейских легковых автомобилях, %		
	сталь + чугун	алюминиевые сплавы	пластмассы
Фиат 126	72,2	3,3	6,7
Фиат 128	80,0	3,6	4,0
Фиат 131	72,0	3,0	7,0
Фиат 132	73,0	4,0	7,0
Альфа-Ромео 2000	—	7,8	—
Фольксваген Пассат	82,0	2,8	7,2
Мерседес-Бенц 250	70,3	4,2	—
Остин 1300	81,2	2,4	2,4
Пежо 104	67,0	4,0	7,0
Форд Эскорт	80,0	0,1	3,9
Вольво 144	71,0	1,5	4,2

В связи с уменьшением массы и размеров автомобилей сокращается потребление крепежных изделий. Способствуют этому и новые материалы — пластмассы и алюминиевые сплавы, из которых изготавливаются монолитные детали сложной конфигурации (вместо сборных узлов), а также применение клеев и сварки. При этом особое внимание повсеместно уделяется алюминию и его сплавам. Например, в 1978 г. каждый американский автомобиль в среднем имел 80 алюминиевых деталей общей массой 50 кг; в 1980 г. масса деталей из легких алюминиевых сплавов возросла до 90 кг (4% от общей массы автомобиля), а к 1985 г. достигнет, по прогнозам, 180 кг. В настоящее время доля алюминия составляет 6—7%. Такая тенденция наблюдается уже ряд лет.

Ожидается, что к 1990 г. доля алюминиевых деталей достигнет 30% общей массы некоторых автомобилей, а сама масса автомобиля может снизиться на ~40%, потому что каждый килограмм алюминия облегчает автомобиль на ~1,5 кг. Если же

учеть, что уменьшение массы позволяет облегчить конструкцию шасси, подвесок и шин, этот показатель составляет 2,25 кг. Например, концерн ФИАТ сообщил, что использование алюминия для кузовов позволило уменьшить массу автомобиля на 30 % и как результат — снизить расход топлива на 14 %.

Как уже отмечалось, весьма перспективным для автомобилестроения материалом являются пластмассы: они значительно легче металлов; имеют повышенную вязкость и динамическую прочность, равную или даже большую динамической прочности металлов; легко обрабатываются; не подвержены коррозии; обладают хорошими электро-, термо- и шумоизолирующими свойствами; окрашиваются в массу, что устраняет необходимость поверхностной окраски; обеспечивают при авариях большую безопасность для пассажиров. Из пластмасс сейчас изготавливают новые виды упругого и безопасного стекла, корпуса аккумуляторных батарей, элементы шарниров и т. д. О темпах внедрения пластмасс в мировом автомобилестроении говорят такие факты. На моделях 1978 г. пластмассовых деталей было в среднем 79—80 кг; в 1980 г. удельное потребление пластмасс возросло до 90 кг, к 1985 г. ожидается не менее чем до 135 кг, а к 1990 г. они должны составить ~9% полной массы автомобиля (в 1975 г. — 4%). Подсчитано, что благодаря применению пластмасс масса автомобиля в ближайшие годы уменьшится на ~100 кг. В частности, концерн Дженерал Моторс предполагает к 1987 г. снизить массу выпускаемых легковых автомобилей на ~317 кг, т. е. на 20%. В Японии потребление пластмасс в автомобилестроении уже в 1976 г. составляло 4,2% от общего расхода их в стране. На один японский автомобиль приходилось в среднем 31,2 кг материалов на основе термопластичных смол и 8,9 кг — на основе термореактивных смол; в настоящее время содержание неметаллических материалов составляет 14%.

В автомобилях западно-европейских стран масса пластика в 1976 г. составляла в среднем 42—43 кг на один автомобиль. Предполагается, что к 1990 г. она достигнет 100—136 кг. Особенно широко пластмассы используют фирмы ФРГ: в 1952 г. на каждый автомобиль расходовалось 3 кг пластмасс, в 1977 г. — 45, в 1979 г. — уже 60—100 кг (кузов — 8—15, ходовая система — 3—5, электрооборудование — 5—8, двигатель и коробка передач — 5—9, внутренний интерьер кузова — 39—63 кг). В 1966 г. на автомобилях французских фирм Ситроен Крайслер Франс (теперь Тальбо), Пежо и Рено использовалось в среднем 16—18 кг пластмассовых деталей в одном автомобиле, а в 1973 г. — 36 кг. В Италии примерно такая же картина. Например, пластмассовые детали на автомобилях концерна ФИАТ составляют 4—7% (Фиат 128—32, Фиат 131—73 и Фиат 132—77 кг).

В последнее время за рубежом широко разрабатываются композиционные материалы и армированные пластмассы, среди которых наибольшего внимания заслуживают материалы, армированные стекловолокном и графитовым волокном. Последние, например, обладают прочностью стали, в 2 раза легче алюминия и в 5 раз легче стали. Они электропроводны, имеют высокую стойкость к деформации под действием постоянных нагрузок, поэтому могут быть применены для изготовления карданных валов, опор силовой передачи, рессор, лонжеронов и поперечин рам, бамперов, колес и т. д. Правда, они пока дороги (в 20—25 раз дороже обычной стали).

Фирма Форд ставит задачу создания автомобиля, в котором большинство деталей кузова, трансмиссии и шасси будут изготовлены из углепласта. Масса этого автомобиля составит 1130 кг, что на 570 кг ниже массы такого же автомобиля из обычных материалов.

Другой автомобильный концерн США (Крайслер) также рассматривает возможность использования графитопластов для ведущих валов, рессор, кронштейнов, толкателей клапанов и т. д.

Многие зарубежные фирмы в последние годы занимаются изучением различных слоистых материалов, которые смогут заменить обычные алюминиевые и стальные листы при изготовлении автомобильных деталей, а также плакированные металлы. Предполагается, что слоистые материалы (лист, состоящий из слоев различных материалов и металлической облицовки) смогут заменить сталь в тех деталях, для которых основным требованием является жесткость. Эти материалы легче стали на ~70%, сравнительно дешевы. Плакированные металлы — это многослойные металлы, соединенные прокаткой и спеканием. Например, концерн Дженерал Моторс изготавливает 130 деталей отделки автомобилей из алюминия, плакированного нержавеющей сталью.

Э. И. ПОЛЯКОВА

УДК 621.7.9

НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ

Промышленный робот в линии прессов. Фирма Дайдо Стил (Япония) спроектировала промышленный робот Прессарм, управляемый от малой ЭВМ и предназначенный для загрузки заготовок и выгрузки готовых деталей при работе последовательно расположенных прессов. Робот эксплуатируется на заводе фирмы Ниссан. Кроме робота, малая ЭВМ управляет также работой всего оборудования линии (прессов, устройств для загрузки и выгрузки, специального транспортера), что сделало ее легкопереналаживаемой для изготовления различных деталей.

Линия работает следующим образом. Устройство для разгрузки захватывает отштампованную деталь (ее масса не должна превышать 4,7 кг)

и переносит эту деталь из рабочей зоны первого пресса на манипулятор транспортера, который перемещает ее к следующему манипулятору. После этого загрузчик переносит деталь в рабочую зону второго пресса и устанавливает ее в штамп.

Емкость запоминающего устройства малой ЭВМ достаточна для размещения программ работы линии при изготовлении 50 различных деталей, причем каждая из программ может включать до 30 команд. Ритм работы линии 5—6 с.

Рабочие органы робота могут быть оснащены механическими или вакуумными захватами. Перемещение рабочих органов происходит по четырем координатам: вдоль горизонтальной (ход 1550 мм) и вертикальной (ход

550 мм) осей, поворот вокруг обеих осей на 90°. Перемещения по координатам контролируются аналоговой следящей системой.

Для перемещения руки робота из одного положения в другое и выполнения заданных действий (захват детали, установка ее в штамп и др.) необходимо последовательно выполнить несколько шагов, причем положение руки в конце каждого шага описывается определенными условиями. Поэтому в памяти малой ЭВМ хранится 50 различных вариантов шагов и условий, а также последовательности их выполнения и контроля.

Запись в управляющей системе, в соответствии с которой обрабатывается та или иная деталь, может быть

выполнена с пульта управления линией. Делает это оператор, который в соответствии с нужной программой вручную управляет перемещениями рабочих органов робота, а малая ЭВМ непрерывно записывает информацию, получаемую от аналоговой следящей системы. Порядок записи следующий. Выполнив шаг перемещения рабочих органов (таких шагов 10), оператор нажимает на буферном регистраторе кнопку, соответствующую необходимым для выполнения данного шага условиям. Информация передается в запоминающее устройство ЭВМ и записывается на магнитную пленку. При нажатии кнопки следующего шага буферный регистр предыдущего шага освобождается.

Kozuka G. An automation of large tandem press process by the computer — controlled robot. Proceedings of 7th International Symposium Industrial Robots. Tokyo, 1977, p. 409—415.

Станок для шлифования распределительных валов. Фирма Шаудт (ФРГ) выпускает станок с ЧПУ типа CNC для шлифования кулачков распре-

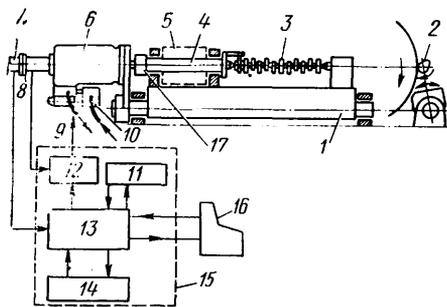


Рис. 1. Принципиальная схема станка для шлифования распределительных валов: 1 — качающийся стол; 2 — профили кулачков; 3 — распределительный вал; 4 — шпиндель изделия; 5 — эталонные кулачки (направляющий ролик сзади); 6 — аксиально-поршневой гидродвигатель; 7 — сельсин; 8 — тахометр; 9 — сервоклапан; 10 — фильтр; 11 — носитель данных; 12 — контроллер; 13 — ЭВМ; 14 — управление станком (командоаппарат); 15 — распределительный шкаф; 16 — пульт программирования; 17 — муфта

лительных валов. Гидравлический серводвигатель станка (рис. 1) установлен на качающемся столе и связан со шпинделем изделия. Закон изменения скорости обработки профиля кулачка

в зависимости от угла его поворота задается вручную и регистрируется на перфокарте. Можно предварительно запрограммировать до восьми законов изменения скоростей. Управляется станок следующим образом. Фактическое угловое положение вала измеряется датчиком угла поворота, а фактическая угловая скорость — тахометром. Измеренное заданное значение угла поворота вводится в контроллер. Здесь они сравниваются. В результате появляется управляющий сигнал, который поступает на сервоклапан, изменяющий скорость обработки кулачка.

Таким образом, угловая скорость кулачка при обработке не остается постоянной, а изменяется так, чтобы обеспечить максимальную точность и качество обработки. Скорость же резания остается постоянной.

Благодаря такому управлению время шлифования вала уменьшается с 3,8 до 2,5 мин. Кроме того, вал можно шлифовать без центров: повышенную точность его вращения обеспечивает то, что он крепится по коренным шейкам с помощью гидравлического устройства.

Bericht von der IMTS'80 in Chicago. VDI — Z, 1980, № 23/24, 1080—1081.

Агрегатный станок для комплексной обработки картеров двигателей. На агрегатном станке мод. TC2-SO фирмы Фриц Вернер (ФРГ) с удлиненной станиной можно установить многошпиндельную сверлильную, расточную или шпиндельную головку размерами 800×800 мм, благодаря чему он будет выполнять функции расточного, тяжелого фрезерного, отделочно-расточного станков или многошпиндельного агрегата. Станок оснащен цепным инструментальным магазином на 50 мест с автоматической сменой инструмента.

Основные технические данные станка:

Мощность главного привода, кВт	50
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	20—2800
Привод подач	Электродвигатель постоянного тока с тиристорным управлением
Усилие подачи, Н	35 000
Рабочие перемещения, м:	
по оси x	4—10
по оси y	1,2
по оси z	1,2

Ускорение перемещений (по всем осям), м/мин	10
Время смены инструмента, с	20
Время смены головки от «реза до реза», с	42

Machine+Werkzeug, 1980, № 12, 18.

Четырехпозиционный внутришлифовальный прецизионный станок модульной конструкции с круглым поворотным столом и кулачковым управлением фирма Мекжаника Нова (Италия)

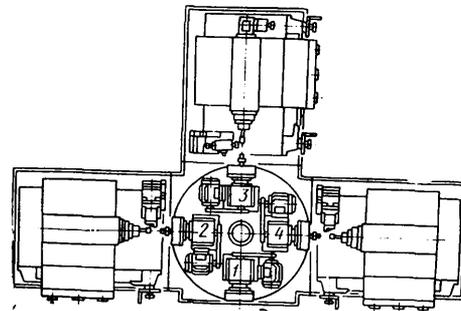


Рис. 2. Схема работы станка фирмы Мекжаника Нова

поставляет фирме ФИАТ. Концентричность шлифуемых отверстий составляет не более 5 мкм. На круглом поворотном столе станка с четырьмя шпинделями (рис. 2) закреплены заготовки. Позиция 1 служит для загрузки и разгрузки заготовок, позиции 2, 3 и 4 — рабочие. При обработке на позиции 2 припуск, равный 0,3 мм одного отверстия, снимается за 45 с, припуск 0,15 мм на торце (позиция 3) — за 25 с. Обработка другого отверстия на позиции 4 занимает 45 с (припуск тоже равен 0,3 мм). Каждый шпиндель оснащен электродвигателем. Позиционирование шпинделей производится с помощью двух призматических направляющих. Устройство для закрепления заготовок сжимается и разжимается с помощью электрогидравлической системы. Механизмы правки по роликовым направляющим перемещаются с помощью шаговых двигателей. Такт работы станка выбирается по наиболее длительному циклу обработки.

Novarese C. Rundtakt — Sonderschleifmaschine. — Werkstatt und Betrieb, 1980, 113, № 10, 685—686.

В. А. ПОТАПОВ

Технический редактор Е. П. Смирнова

Корректор А. М. Усачева

Сдано в набор 07.08.81.
Формат 60×90¹/₈

Подписано в печать 30.09.81.

Т-25728.

Печать высокая. Усл. печ. л. 5,0

Уч.-изд. л. 7,15.

Гираж 14113 экз.

Заказ 411

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

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru

ВНИМАНИЮ ЛИТЕЙЩИКОВ!

Решение проблем очистки отливок и поковок на Ваших предприятиях зависит только от Вашей оперативности в налаживании деловых контактов со специализированным по очистке литья заводом «АМУРЛИТМАШ», который оказывает полный комплекс услуг:

- подбор выпускаемого оборудования для Ваших условий;
- изготовление;
- поставку и шефмонтаж очистного оборудования;
- обучение специалистов правилам эксплуатации.

За справками обращаться по адресу: 681008, Комсомольск-на Амуре, завод «АМУРЛИТМАШ».

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Агейкин Я. С. Проходимость автомобилей. М., 1981, 232 с., ил. 2 р. 20 к. 2488 экз.

Для научных и инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, конструированием и эксплуатацией автомобилей.

Бажан П. И. Расчет и конструирование охладителей дизелей. М., 1981, 168 с., ил. 55 коп. 1285 экз.

Для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием охладителей дизелей.

Гурин Ф. В., Клепиков В. Д., Рейн В. В. Технология автотракторостроения. Учебник для вузов, 2-е изд., перераб. и доп. М., 1981. 296 с., ил. В пер.: 1 руб. 14 000 экз.

Лобынцев Ю. И. Подача топлива и воздуха карбюраторными системами двигателей. М., 1981. 144 с., ил. 50 коп. 1670 экз.

Для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, констру-

ированием и исследованием автомобильных двигателей.

Лышевский А. С. Системы питания дизелей: Учебн. пособие для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». М., 1981. 216 с., ил. 50 коп. 12 000 экз.

Платонов В. Ф. Полноприводные автомобили. М., 1981. 280 с. ил. В пер.: 1 р. 10 к. 6 800 экз.

Для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, производством и эксплуатацией полноприводных автомобилей.

Ягудин М. Л. Технология производства двигателей внутреннего сгорания: Учебник для техникумов, 2-е изд., перераб. и доп. М., 1981, 248 с., ил. В пер.: 65 коп.

Яковлев А. И. Конструкция и расчет электромотор-колес. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1981. 192 с., ил. 65 коп. 1 200 экз.

Для инженерно-технических работников автомобилестроения.

Литературу, выпускаемую издательством «Машиностроение», можно приобрести в магазинах, распространяющих техническую литературу, а также в московском специализированном магазине № 8 «Техника» (103031, Москва, К-31, ул. Петровка, 15). Иногородним специалистам магазин высылает литературу, имеющуюся в его ассортименте, наложенным платежом по почте.

Трудно перечислить все, что может дать ХОЛОДНАЯ ШТАМПОВКА...

Предлагаем следующую информацию

**Главная особенность
процесса — универсальность**

Детали, полученные холодной штамповкой, могут иметь массу от 5 унций (150 г) до 4 фунтов (1,8 кг). Скорость изготовления — до 60 деталей в минуту в зависимости от формы детали и размера штамповочного пресса. Обратите особое внимание на сложность формы и размеры деталей!

Обрабатываемый материал поступает в бунтах, в виде прутков или отдельных заготовок. Прессы могут иметь пять или шесть штампов и различные транспортные устройства. При холодной штамповке требуется небольшое количество вспомогательных приспособлений. Первоначальные затраты и затраты на установку оборудования — незначительные.

Преимущества универсальности процесса холодной штамповки получают

механические цехи, цехи горячей штамповки, поставщики автомобильных деталей, изготовители крепежных деталей, специальные цехи и др.

Холодная штамповка обеспечит большую прибыль Вашему производству.

За более подробной информацией обращайтесь по адресу:

National Machinery

NATIONAL MACHINERY
G. m. b. H., 8500 NUERN-
BERG, REGENSBURGER
STR. 420;
POSTBOX 3341, BRD;
TEL. 0911/400011
DESIGNERS AND
BUILDERS
OF HOT AND COLD
FORGING MACHINERY

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, 1981, № 10, 1—40



Приобретение товаров у иностранных фирм осуществляется организациями и предприятиями в установленном порядке через МИНИСТЕРСТВА и ВЕДОМСТВА, в ведении которых они находятся.
Запросы от организаций на проспекты и каталоги по объявлению следует направлять по адресу: 113461, Москва, Каховка, 31, корп. 2, В/О «Внешторгкларма», фирма «Инореклама».
Ссылайтесь на № 3707 — 1/111/14 — 159. В/О «ВНЕШТОРГРЕКЛАМА»