## Журнал выходит при информационной поддержке АМО ЗИЛ, ОАО "КАМАЗ", ОАО "МАЗ", ОАО "МЗКТ", АЗ "Урал"

## Учредитель

ООО "Издательство Машиностроение"

Зам. главного редактора И. А. Хороманская

### Редакционный совет

Д. Х. Валеев В. А. Марков М. С. Высоцкий В. Ф. Платонов Ю. М. Захарик Г. Н. Рейзина В. А. Зорин Е. Л. Рыбин Н. А. Иващенко Г. А. Синеговский Л. Г. Красневский А. Ф. Синельников В. В. Корсаков В. С. Устименко А. С. Кузнецов Х. А. Фасхиев В. Г. Мазепа Н. Д. Чайнов

Корпункты: в Республике Беларусь (г. Минск), Я. Е. Карповский Тел.: (10-375-17) 214-33-71, 217-90-38 в Украине (г. Харьков), В. Г. Дьяченко Тел. (10-380-572) 707-68-48

#### Адрес редакции

107076, Москва, Стромынский пер., 4 Тел. (499) 269-49-97 E-mail: grouzovik@mashin.ru http://www.mashin.ru

### Адрес издательства

107076, Москва, Стромынский пер., 4 Тел. (499) 268-38-58

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре. Регистрационный номер ПИ № ФС77-42764 от 26 ноября 2010 г.

Подписной индекс: по каталогу "Роспечать" 72145, по объединенному каталогу "Пресса России" 41302, по каталогу "Почта России" 60262

© ООО "Издательство Машиностроение", "Грузовик", 2011

Перепечатка материалов из журнала "Грузовик" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал "Грузовик" обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

## **Грузовик** с приложением

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал

## Конструкция

- **2** Антипенко В. С., Антипенко С. В., Лебедев С. А., Никитин С. В. Пусковые системы с емкостными молекулярными источниками тока
- **7** Антипенко В. С., Антипенко С. В., Лебедев С. А. Проблема выбора химических источников тока
- **111** *Соковиков В. К.* Электрогидродинамический двигатель для транспортных средств
- *Гадельшин Т. К., Гадельшин Д. Т.* О способе унификации параметров автомобилей

## Исследование. Расчет

- **22** *Антипенко В. С., Антипенко С. В., Лебедев С. А.* Тестирование системы электростартерного пуска
- Марков В. А., Девянин С. Н., Зенин А. А. Расчетные исследования процесса распыливания топлива в дизеле, оснащенном форсунками с различной длиной распыливающих отверстий

## Технология

**37** *Березина А. А.* Положение России на мировом рынке высоких технологий

## Эксплуатация. Ремонт

Назаров А. Д. Компенсация увеличения массы деталей КШМ двигателей V-8 при их производстве и ремонте

### Выставки

- **44** Металл-Экспо'2010
- 48 Abstracts of articles

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

**\***2011

УДК 621.355 В. С. Антипенко. канд. техн. наук, проф., С. В. Антипенко, инж., МГТУ "МАМИ", С. А. Лебедев, канд. техн. наук, Рязанск. воен. автомоб. ин-т (г. Рязань), С. В. Никитин, канд. техн. наук, РГТУ "МАДИ" E-mail:antipinko@ mail.ru

# Пусковые системы с емкостными молекулярными источниками тока

Приводятся результаты лабораторных и эксплуатационных испытаний трех типов источников тока для систем электростартерного пуска на автомобилях КАМАЗ, УРАЛ, дается их сравнительная оценка.

**Ключевые слова:** системы электростартерного пуска, аккумуляторные батареи, модульный источник тока, емкостный молекулярный накопитель, испытания

Для повышения эффективности использования военной автомобильной техники (ВАТ) в зимний период, особенно в холодных климатических зонах, а также в тех случаях, когда аккумуляторные батареи (АБ) достаточно сильно разрядились, улучшают пусковые качества двигателей внутреннего сгорания (ДВС) за счет совершенствования технических характеристик систем электростартерного пуска (СЭП).

Анализ мировых тенденций производства АБ показывает, что все зарубежные производители

перешли на выпуск нового поколения необслуживаемых АБ с высокими удельными энергетическими характеристиками. Для зарубежной бронетанковой техники серийно выпускается ряд модульных батарей, позволяющих сократить время приведения образцов бронетанковой военной техники (БТВТ) и ВАТ к боевому использованию.

В настоящее время не решена проблема излишне большого типоразмерного ряда АБ для военной техники, включающего около 20 различных марок АБ. Такое большое количество типов АБ, применяемых на объектах военной техники, обусловлено ранее сложившейся практикой разработки АБ под конкретный объект, с низким уровнем унификации и взаимозаменяемости, с содержанием повышенного количества запасов АБ на базах и складах.

В системах электрического пуска образцов БТВТ и ВАТ используются 10 типов АБ емкостью от 55 до 190 А · ч. Номенклатура аккумуляторных батарей для образцов БТВТ составляет 13 наименований, для образцов ВАТ — 25 наименований

Номенклатура автомобильных и танковых аккумуляторных батарей

	поменклатура автомоопльных и танковы	а аккумулиторных остарси
Тип АБ	АБ для образцов БТВТ	АБ для образцов ВАТ
6CT-60		6СТ-60ЭМ, 6СТ-60ПМ, 6СТ-60А
6CT-66		6CT-66A, 6CT-66A1
6CT-75		6CT-75ЭM, 6CT-75ПМ, 6CT-75А
6CT-77		6CT-77A, 6CT-77A1
6CT-90	6СТ-90ЭМ, 6СТ-90ПМ	6СТ-90ЭМ, 6СТ-90ПМ, 6СТ-90А, 6СТ-90А1
6CT-132		6СТ-132ЭМ, 6СТ-132ПМ
6CT-182		6CT-182ЭM, 6CT-182ПМ
6CT-190	6CT-190TM, 6CT-190A, 6CT-190AH, 6CT-190A5	6CT-190TM, 6CT-190A, 6CT-190AH, 6CT-190A5, 6CT-190AY
6CT-140	6CT-140P, 6CTC-140AC, 6TCTC-140A	6CT-140A, 6CT-140A1
12CT-85	12CT-85P, 12CT-85П, 12CTC-85AC, 12TCTC-85AK	
ИТОГО	4 типа, 13 наименований	9 типов, 25 наименований

Таблица 1

(табл. 1). Кроме того, из-за различных требований, предъявляемых к автомобильным и танковым АБ, отсутствует их взаимозаменяемость при схожих электрических и массогабаритных показателях.

Значительное сокращение номенклатуры АБ, унификация их для образцов БТВТ и ВАТ возможны при использовании модульного принципа построения источников тока. В основу такого модульного источника тока положена модульная аккумуляторная батарея типа 6ТСТС-100А, разработанная ЗАО "НИИСТА" (г. Подольск) при участии авторов, военных специалистов 21 и 38 НИИИ МО РФ.

С 2007 г. серийное производство необслуживаемой свинцовой стартерной аккумуляторной батареи 6TCTC-100A освоено в г. Саратове. Она предназначена для использования в качестве батареимодуля для тяжелых режимов работы при пуске двигателей и электроснабжения потребителей электрической энергии на колесных и гусеничных машинах БТВТ и ВАТ многоцелевого назначения, например, размещение модульного источника тока, включающего две пары параллельно соединенных батарей-модулей 6TCTC-100A, в аккумуляторном отсеке автомобиля.

Применение батареи-модуля (табл. 2) на объектах ВВТ дает преимущества [1]:

- 1) обеспечиваются полная унификация и снижение номенклатуры АБ до одного типа, повышается экономическая эффективность типоразмерного ряда, построенного на ее основе в сравнении с существующим рядом на 15 %;
- 2) за счет высоких стартерных характеристик повышается эксплуатационная надежность СЭП, обеспечивается возможность пуска при температуре воздуха до –35 °C, что увеличивает вероятность пуска ДВС;
- 3) сокращается объем технического обслуживания по контролю уровня электролита в 3—8 раз, появляется возмож-

Таблица 2 **Характеристики батареи-модуля типа 6TCTC-100A** 

Параметр	Значение
Номинальное напряжение, В	12
Длительный (20-часовой) режим	
разряда:	
сила тока разряда, А	5
номинальная емкость, А • ч	100
конечное напряжение, В	10
Стартерный режим разряда при тем-	
пературе электролита ( $25\pm2$ ) °C не позже второго цикла:	
сила тока разряда, А	600
длительностьразряда, мин	3
конечное напряжение, В	9
Стартерный режим разряда при тем-	
пературе электролита (30 $\pm$ 1) °С не	
позже второго цикла:	
сила тока разряда, А	600
длительность разряда, мин	1
конечное напряжение, В	6
Масса батареи, кг, не более:	
без электролита	27
с электролитом	35
Габаритные размеры, мм, не более:	
длина	286,5
ширина	236,5
высота	240,0

ность унифицировать средства и режимы заряда батарей;

- 4) повышается запас хода техники в результате увеличения срока службы;
- 5) появляется возможность разработать единые требования и нормы по производству, испытаниям, эксплуатации, по созданию запасов и обеспечению АБ;
- 6) возрастает живучесть батареи-модуля в составе модульного источника тока в 2 раза, благодаря чему можно ожидать и увеличение сбора годных АБ при ведении боевых действий до 50 %.

Однако в связи с наличием определенных недостатков у стартерных свинцовых АБ проявляется интерес к использованию в СЭП емкостных молекулярных накопителей энергии (МНЭ). И в этом случае модульный принцип построения источника тока с использованием батареймодулей 6ТСТС-100А становится оптимальным решением задачи создания комбинированного источника тока для объектов БТВТ и ВАТ с соблюдением жест-



ких требований в отношении габаритно-присоединительных размеров.

Применение СЭП с МНЭ позволяет сократить емкость АБ, их размеры, массу и стоимость. СЭП с МНЭ могут обеспечить пуск двигателя при значительной степени разряженности АБ, что повышает эксплуатационную надежность автомобиля, особенно в условиях низких температур. Отмеченные преимущества МНЭ, а также малое внутреннее сопротивление и высокая удельная мощность позволяют использовать их в СЭП в качестве промежуточных источников энергии. МНЭ размещают между АБ и стартером.

Выделение энергии МНЭ за короткий промежуток времени позволяет электростартеру развивать значительную мощность, вращать коленчатый вал с большой пусковой частотой и тем самым повысить надежность пуска ДВС. А так как АБ разряжается на МНЭ в течение более длительного времени по сравнению с продолжительностью процесса пуска ДВС, ее емкость можно значительно уменьшить. К преимуществам МНЭ в СЭП можно отнести большой срок службы (несколько десятков тысяч часов). МНЭ не требуют технического обслуживания, нетоксичны, условия пуска ДВС менее зависимы от состояния АБ и т. д.

Поэтому теоретические и экспериментальные исследования СЭП с модульными комбинированными источниками тока являются актуальной задачей, решение которой будет способствовать внедрению и развитию таких систем.

Для установки модульного комбинированного источника тока с МНЭ на автомобилях семейства УРАЛ Рязанский военный автомобильный институт и ЗАО "НПО "ТехноКор" (г. Москва) разработали и испытали электрическую схему СЭП с МНЭ для автомобиля УРАЛ-4320-31 [2] с целью определения эксплуатационных показателей и ресурсов источников тока.

Созданный в институте мобильный диагностический комплекс позволяет испытывать и исследовать химические источники тока и системы электростартерного пуска как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Для проведения натурных испытаний СЭП с альтернативными источниками тока при температуре окружающего воздуха минус 10—12 °С были

подготовлены три автомобиля УРАЛ-4320-0010-31 с дизелями ЯМЗ-238М2-32 с мощностью 151 кВт. Один автомобиль был оснащен штатными АБ 6СТ-190А, второй — модульным источником тока, включающим четыре батареи-модуля 6ТСТС-100А. На третьем автомобиле была смонтирована СЭП с комбинированным источником тока из двух батареймодулей и накопителя энергии МНЭ-210/28.

Наибольший интерес представляет исследование работы комбинированного источника тока. На его работоспособность в целом оказывает влияние множество факторов: емкость АБ и МНЭ как номинальная, так и фактическая; степень заряженности АБ и напряжение, до которого заряжается накопитель энергии перед пуском двигателя; срок службы и наработка, особенно АБ; температура окружающей среды и т. д.

Источник тока должен иметь пиковую нагрузку в течение первых 0,02-0,5 с. Накопитель энергии в первые 2 с снижает нагрузку на АБ в 1,5—2 раза. В то же время пуск всех двигателей осуществлялся в период 0,5—1,5 с. Также обратим внимание на то, что все АБ перед испытаниями были протестированы и показали 100 %-ную заряженность. Проводимые ранее лабораторные исследования показывали, что наибольший эффект достигается от использования накопителя энергии, когда АБ разряжены и самостоятельно произвести пуск не могут. Эффективность использования накопителя энергии зависит от напряжения, до которого был произведен его заряд. В рассматриваемой СЭП с комбинированным источником тока накопитель энергии заряжается от АБ, поэтому и величина его напряжения равна напряжению батарей (24,5 В). Для сравнения эффективности применения накопителя энергии в идентичных условиях были произведены три пуска двигателя только от накопителя энергии МНЭ-210/28, заряженного до напряжений 24, 28 и 30 В. Эти значения напряжения обусловлены следующими причинами: до 24 В накопитель энергии может заряжаться от исправных АБ; до 28 В накопитель энергии можно зарядить от генераторной установки автомобиля; 30 В — это максимально допустимое напряжение заряда накопителя энергии, которое он может получить, если использовать дополнительно в системе пуска повышающий преобразователь напряжения или внешнее

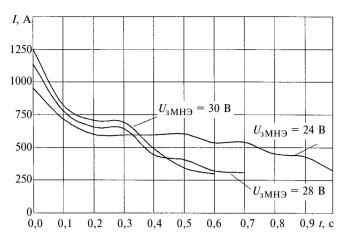


Рис. 1. Изменение силы тока накопителя энергии МНЭ-210/28 при пуске дизеля ЯМЗ-238М2-32

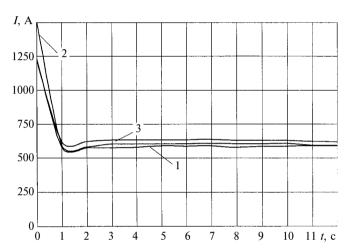


Рис. 2. Изменение силы стартерного тока при проворачивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238М2-32 от различных источников энергии:

1-6СТ-190А, 2 шт.; 2-6ТСТС-100А, 4 шт.; 3-6ТСТС-100А, 2 шт. и МНЭ-210/28

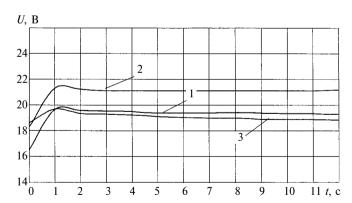


Рис. 3. Изменение напряжения при проворачивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238М2-32 от различных источников энергии:

1-6СТ-190А, 2 шт.; 2-6ТСТС-100А, 4 шт.; 3-6ТСТС-100А, 2 шт. и МНЭ-210/28

зарядное устройство, которым и производился заряд при испытаниях.

Результаты пусков показали, что максимальную помощь АБ окажет накопитель энергии, заряженный до 30 В, при этом пуск двигателя осуществился за 0,38 с, а коленчатый вал вращался со средней частотой — 83 мин<sup>-1</sup>. Для сравнения при заряде накопителя энергии до 24 В были получены следующие показатели: пиковое значение силы тока — меньше на 300 А, время пуска увеличилось до 0,88 с, а средняя частота вращения составила 53 мин<sup>-1</sup>.

Таким образом, для повышения эффективности использования накопителей энергии не обязательно увеличивать их емкость, при равных условиях достаточно повысить напряжение заряда. Наибольший эффект будет получен на технике, находящейся на хранении с приведенными в рабочее состояние АБ или на технике малоинтенсивной эксплуатации, когда батареи могут оказаться разряженными до 50 % и ниже.

На рис. 1, 2 и 3 показаны графики изменения силы стартерного тока, напряжения и частоты вращения при проворачивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-2382М2-32.

Необходимо отметить (рис. 1), что максимальная сила тока в начальный момент была у модульного источника тока (1500 A), что объясняется высокими электрическими характеристиками батареи-модуля (см. табл. 2), у двух других источников сила тока достигла 1200 A. В составе комбинированного источника тока батареи в этот момент отда-

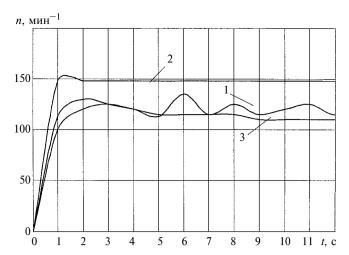


Рис. 4. Изменения частоты вращения *п* при проворачивании коленчатого вала дизеля ЯМЗ-238М2-32 от различных источников энергии:

1-6СТ-190А, 2 шт.; 2-6ТСТС-100А, 4 шт.; 3-6ТСТС-100А, 2 шт. и МНЭ-210/28

ют ток силой всего 600 А. При пуске дизеля это значение тока снижалось в 1,5—2 раза.

Так как в начальный момент сила тока батарей в комбинированном источнике тока ниже, то и падение напряжения незначительное — до 18,61 В, тогда как у штатных батарей оно падает до 16,54 В, у модульного источника — до 18,31 В (рис. 3). Этот показатель отражает надежность срабатывания элементов систем электрооборудования, особенно критичных к таким перепадам напряжения. Однако при более длительном проворачивании коленчатого вала напряжение комбинированного источника тока постепенно снижается, сказы-

вается меньшая емкость батарей. Таким образом, использование накопителя энергии позволило не только уменьшить емкость аккумуляторных батарей в 2 раза, но и снизить токовые нагрузки при стартерных режимах разряда, что должно увеличить ресурс АБ и приблизить его к ресурсу накопителей энергии.

Графики изменения частоты вращения коленчатого вала на рис. 4 показывают достаточно высокие значения, обеспечивающие надежный пуск дизеля. Следует особо отметить равномерность и высокое значение ( $150 \, \text{миh}^{-1}$ ) частоты вращения при проворачивании коленчатого вала от модульного источника тока.

Таким образом, испытания показали, что все три источника тока соответствуют требованиям ОСТ 37.001.052 и ОСТ 37.001.066. Это дает возможность применять их на ВАТ на равных условиях, выбор источника тока будет зависеть от условий эксплуатации. Для техники малоинтенсивной эксплуатации, а также находящейся на боевом дежурстве целесообразно использовать модульные комбинированные источники В тяжелых условиях эксплуатации, в районах с низкими температурами необходимо применять модульный и комбинированный источники тока. В районах с умеренным климатом уверенно будут работать штатные АБ 6СТ-190А, однако для обеспечения унификации в перспективе необходим переход БТВТ и ВАТ на батареи-модули 6ТСТС-100А.

## У "КАМАЗа" день рождения

ОАО "КАМАЗ" отметил свой 41-й день рождения. 13 декабря 1969 г. экскаваторщик Михаил Носков вынул первый ковш земли при планировке первого объекта "КАМАЗа" — базы материально-технического снабжения.

Очередной день рождения предприятие встречает с хорошими производственными показателями. Ожидаемый объем выпуска и продаж грузовых автомобилей КАМАЗ в 2010 г. — более 32 тыс. единиц с учетом автомобилей полной массой 8—14 т. За 11 месяцев 2010 г. на внутреннем рынке нашей страны реализовано около 25 тыс. автомобилей КАМАЗ, что на 28,5 % превышает показатели 2009 г. На экспорт уже отгружено 3,6 тыс. грузовых автомобилей, что в точности соответствует уровню 2009 г.

"КАМАЗ" сохранил за собой лидирующие позиции на российском рынке в сегменте грузовых автомобилей полной массой свыше 14 т. По итогам 11 месяцев доля "КАМАЗа" в этом классе техники составила 48 %, что значительно выше аналогичного показателя докризисного 2008 г. в целом (28 %). Эта доля сохранится по итогам 2010 г. В сегменте рынка грузовых автомобилей полной массой от 8 до 14 т компания увеличила свою долю до 13,7 %.

Сегодня "КАМАЗ" производит широкий спектр крупнотоннажных и среднетоннажных грузовых автомобилей. Высокие научно-производственные возможности компании реализованы в более чем 30 серийных моделях грузовых автомобилей (свыше 400 комплектаций). Кроме того, предприятие выпускает прицепы, автобусы, сельскохозяйственную технику, дизели и газовые двигатели и силовые агрегаты, инструмент и оснастку. ОАО "КАМАЗ" — основной поставщик автомобильной техники для армии и силовых структур страны.

(Департамент по связям с общественностью ОАО "КАМАЗ")

Химические источники (ХИТ) используются в качестве автономных источников электропитания во всех областях военной техники. Разработаны и промышленно выпускаются источники тока нескольких электрохимических систем, которые обеспечивают большое разнообразие возможностей их использования и эффективную работу в широком диапазоне условий эксплуатации. Они производятся в разном конструктивном исполнении и в широком диапазоне емкостей. Для военной техники существенным фактором является конструкция самих объектов, в значительной мере задающая выбор источника питания по его размерам и конфигурации.

Химическим источником тока называют устройство, в котором химическая энергия активных веществ непосредственно превращается в электрическую энергию [1]. В основе любого ХИТ лежит электрохимическая система вида

(–) Восстановитель | Электролит | Окислитель (+).

Генерирование тока происходит при замыкании внешней цепи на нагрузку в результате одновременного протекания на электродах электрохимических реакций: электроокислительной с освобождением электронов и электровосстановительной с поглощением их. Подробную информацию об основах теории и работы ХИТ разных систем можно найти в различных литературных источниках [1-8]. В реализованных ХИТ используются электрохимические системы как с обратимыми, так и с необратимыми электрохимическими реакциями. Исторически сложилось деление всех ХИТ на три большие группы:

## Проблема выбора химических источников тока

Рассмотрены проблема классификации и выбора химического источника тока, режимы работы и основные характеристики источников тока. Указаны преимущества и недостатки химических источников тока разных электрохимических систем.

**Ключевые слова:** химические источники тока, аккумулятор, классификация, основные параметры, сравнительная оценка.

первичные источники тока (элементы и первичные батареи); топливные элементы и электрохимические генераторы; вторичные источники тока (аккумуляторы и аккумуляторные батареи).

Первичным химическим источником тока или элементом называется источник тока, если хотя бы на одном электроде окислительно-восстановительный процесс протекает необратимо. Первичные элементы и батареи предназначены для одноразового непрерывного или прерывистого разряда до полного исчерпания запаса реагентов, участвующих в суммарной токообразующей реакции.

Топливные элементы имеют характерные особенности первичных элементов — в них, как правило, используют необратимые электрохимические системы, которые подвергают непрерывному или прерывистому разряду. Однако топливные элементы, а также топливные батареи, которые называют электрохимическими генераторами, настолько специфичны по устройству и принципу действия, что их традиционно выделяют в отдельную группу. В отличие от первичных элементов в них активные вещества поступают в зоны токообразующих реакций извне.

Вторичные химические источники тока (перезаряжаемые ХИТ, аккумуляторы) создаются на основе систем с обратимо работающими электродами. При исчерпании запасенной емкости

УДК 621.355
В. С. Ангипенко, канд. техн. наук, С. В. Ангипенко, инж., МГТУ "МАМИ"; С. А. Лебедев, канд. техн. наук, Рязанск. воен. автомоб. ин-т (г. Рязань) Е-mail: antipinko@mail.ru



разряженный аккумулятор подвергают заряду от внешнего источника постоянного тока, в результате чего активные вещества приходят в исходное состояние. Большинство аккумуляторов допускает проведение значительного числа зарядноразрядных циклов (сотни и тысячи).

Далеко не каждый технически осуществленный вариант аккумулятора или элемента находит определенное практическое применение. Известно [4], что немногие из них нашли относительно широкий спрос и заняли место в ряду ХИТ, выпускаемых промышленностью. В настоящее время к ним относится 6—7 обратимых и 12—15 необратимых систем. Некоторые ХИТ выпускают ограниченными партиями для обеспечения научно-технических программ. Сферы использования ХИТ на объектах военной техники в качестве автономных источников энергии очень разнообразны. Они используются для обеспечения электроэнергией систем электрооборудования, систем связи и электроизмерительной аппаратуры, систем навигации, жизнеобеспечения и много другого.

Различают три режима эксплуатации ХИТ: циклирование, т. е. переключение с заряда на разряд при разной глубине разряда; буферный, когда ХИТ работает параллельно с другим основным источником энергии и обеспечивает стабильность подачи энергии при переменном графике нагрузки; резервный или аварийный, когда ХИТ постоянно должен находиться в состоянии полной заряженности и обеспечивать ток при отключении основного источника питания, а затем его энергия должна быть восполнена.

По назначению все XИТ можно разделить на стартерные, тяговые, транспортные (вспомогательные), стационарные, для переносных приборов, а также XИТ специальных областей применения [4].

Стартерные батареи предназначены для пуска двигателей внутреннего сгорания и питания систем электрооборудования различных средств передвижения. Нередко стартерные батареи служат не только для пуска двигателей, но и для энергоснабжения объектов при отказе бортовых генераторов тока. Характерные особенности стартерных батарей — импульсный режим разряда, при котором сила тока повышается до 6  $I_{\text{ном}}$ , и перио-

дический подзаряд при стабилизированном напряжении от работающего генератора тока. Батареи должны сохранять работоспособность в интервале температур от —40 до +60 °C и выдерживать значительные механические перегрузки. Монопольное положение среди стартерных источников тока занимают свинцово-кислотные батареи. В ограниченном масштабе используют также серебряно-цинковые и никель-кадмиевые аккумуляторные батареи, обладающие более высокой стоимостью.

Тяговые батареи являются источниками энергоснабжения электродвигателей специальных видов транспорта. Батареи рассчитаны на глубокий разряд в интервале умеренной токовой нагрузки (от 0,05 до 1,0  $I_{\text{ном}}$ ), их обычно эксплуатируют интенсивно. Заряд осуществляют на специально оборудованных стендах в оптимальных условиях. Для комплектования тяговых батарей используют никель-железные и свинцовые аккумуляторы, отличающиеся невысокой стоимостью и достаточно большим сроком службы.

Транспортные (вспомогательные) источники тока служат для энергоснабжения систем освещения, кондиционирования, средств сигнализации и связи, заменяя генераторы тока в периоды их бездействия. Температурный диапазон работы таких батарей от -50 до +50 °C. Режим эксплуатации менее интенсивный, чем у тяговых батарей: разряд силой тока от 0,1 до 0,7  $I_{\rm HOM}$  может быть неглубоким и чередуется с паузами, подзаряд осуществляют от генератора тока. Как и тяговые, транспортные батареи собирают из никель-железных или свинцовых аккумуляторов.

Стационарные батареи предназначены для электроснабжения систем управления, сигнализации связи. Кроме того, они служат аварийными источниками тока на промышленных предприятиях, в зданиях общественного назначения и других объектах, которые нуждаются в бесперебойном энергоснабжении даже в случае нарушения работы электросети. Батареи этого типа, как правило, эксплуатируют в наиболее благоприятных температурных условиях, многих из них разряжаются малой силой тока, а аварийные батареи находятся в состоянии готовности к разряду. Стационарные батареи могут подзаряжаться периодически или непрерывно в режиме компенсационного заряда. Их

характерная особенность — многолетняя безотказность, которая обеспечивается за счет функционального резервирования, заложенного в конструкцию. В качестве стационарных источников тока чаще всего используют свинцовые аккумуляторы с фактическим сроком службы свыше 10 лет.

Источники тока для переносных приборов при всем различии систем, типов и конструктивных вариантов имеют малую и среднюю емкость (0,025—10 А · ч); рассчитаны на длительные режимы разряда; работают, как правило, в любом положении; требуют минимального обслужива-

ния или вообще являются необслуживаемыми. Самыми распространенными источниками тока общего назначения являются марганцево-цинковые элементы, герметичные никель-кадмиевые, а также необслуживаемые свинцовые аккумуляторы; более узкие масштабы применения характерны для ртутно-цинковых, воздушно-цинковых, серебряно-цинковых, литиевых элементов, серебряно-цинковых аккумуляторов.

Источники тока для специальных областей применения обеспечивают космическую и военную технику. В каждом слу-

 $\label{eq:Tadalu} \mbox{\sc D} \mbox{\sc chobhbe} \mbox{\sc radius} \mbox{\sc def} \mbox{\sc$ 

	Первич источник		Вторичные (перезаряжаемые) источники тока			
Характеристики	марганцево- цинковые	литиевые	никель- кадмиевые	никель- металл- гидридные	свинцово- кислотные	литий- ионные
Рабочее напряжение, В	1,2—1,25	1,5—3,6	1,2	1,2	2,0	3,6
Диапазон рабочих температур, °С	−20 <del>÷</del> 60	−60÷70	-20(40)÷60	-10(20)÷40	−15÷50	-30÷60
Удельная энергия: массовая, Вт • ч/кг объемная, Вт • ч/дм <sup>3</sup>	До 90 100—200	250—600 400—1100	30—60 100—170	40—80 150—240	25—50 55—100	100—180 250—400
Форма кривой разряда	Наклонная	Плоская	Плоская	Плоская	Наклонная	Плоская
Коэффициент отдачи по емкости	_	_	0,60-0,90	0,60-0,90	0,80-0,85	0,90-1,00
Саморазряд, %	10—30/год	1—2,5/год	15-35*	25-40*	4-6*	4-6*
Работоспособность: срок хранения, число лет	2—8	5—10	5	1	1	1
срок работы, число лет	_	_	До 10	_	До 5	До 2
количество циклов	-		500—1000	500	200	500-1000
Особенности эксплуатации	Предпочти- тельны ма- лые нагруз- ки и преры- вистый ре- жим разряда	Возмо- жен не- прерыв- ный ре- жим раз- ряда и то- ки разря- да до 0,5С	Циклирование. Токи разряда до 3—8С. Возможен быстрый заряд	Циклирование. Токи разряда до 3—8С. Возможен быстрый заряд	Значительное снижение емкости при увеличении тока разряда и низкой температуре	Циклирование с разной глубиной разряда. Необходима защита от перезаряда, переразряда и от большой силы тока

<sup>\*</sup> Саморазряд аккумуляторов в течение 1-го месяца после заряда, затем скорость его уменьшается.

чае к подобным источникам тока предъявляют конкретные технические требования, обусловленные нередко экстремальными условиями эксплуатации на объекте. Общими требованиями являются высокие удельные характеристики и высокая надежность. С точки зрения режимов разряда можно выделить две характерные группы ХИТ: способные за короткое время разряда обеспечить высокую электрическую мощность и, наоборот, предназначенные для длительного непрерывного разряда небольшой силы током. Источниками тока специальных областей применения служат как аккумуляторные батареи (свинцовые, никелькадмиевые, серебряно-цинковые и др.), так и батареи элементов различных систем.

При выборе ХИТ для проектируемого источника энергии рассматривается ряд факторов (см. таблицу) [1, 2] о характеристиках и особенностях ХИТ разных электрохимических систем, для сравнения их возможностей в первом приближении. Стоимость изделий в значительной мере зависит от рыночной конъюнктуры.

Если коротко остановиться на вторичных источниках тока, то необходимо заметить, что при интенсивном использовании различной аппаратуры, приборов и систем для них в качестве автономных источников энергии выбирают аккумуляторы или аккумуляторные батареи со стабильным рабочим напряжением.

Высокой стоимости щелочные аккумуляторы выдерживают сотни циклов переподготовки без существенного снижения разрядных характеристик, а уменьшение глубины разряда увеличивает количество рабочих циклов до тысяч. Заряд этих аккумуляторов после исчерпания запасенной емкости может быть осуществлен с различной скоростью (от 1 до 16 ч). Это позволяет выбирать удобный режим их эксплуатации в каждом конкретном случае. При хранении в разряженном состоянии щелочные аккумуляторы не теряют работоспособности в течение длительного периода (никель-кадмиевые — до 10 лет, никель-металлгидридные — в течение 1 года) [1]. Никельметаллгидридные аккумуляторы обладают более высокими удельными энергетическими характеристиками по сравнению с никель-кадмиевыми, обеспечивают экологическую чистоту. Однако следует обратить внимание на более узкий температурный диапазон эксплуатации никель-металлгидридных аккумуляторных батарей, которые к тому же имеют несколько больший саморазряд и более чувствительны к перегреву, что приводит к необходимости встраивания элементов защиты. Стоимость их никель-металлгидридных аккумуляторов на 30—50 % выше, чем у никель-кадмиевых.

Свинцово-кислотные аккумуляторы имеют более высокое рабочее напряжение, чем щелочные, стоимость в несколько раз меньше. Однако они имеют более низкие удельные энергетические характеристики и значительно меньший ресурс при циклировании до исчерпания запасенной емкости. Если их использовать в буферном режиме, то они будут сохранять работоспособность до 10—12 лет [1].

Литий-ионные аккумуляторы имеют самое высокое рабочее напряжение по сравнению со всеми другими ХИТ и наилучшие удельные характеристики. Но они дороже щелочных аккумуляторов. В настоящее время в России нет производства таких источников тока. Они поставляются главным образом из Японии и Китая. Существенным достоинством литий-ионных источников тока является их высокий коэффициент отдачи по емкости (близкий к 1) [1]. И саморазряд их существенно меньше, чем у щелочных.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Таганова, А. А.** Герметичные химические источники тока. Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации: справочник [Текст] / А. А. Таганова, Ю. И. Бубнов, С. Б. Орлов. СПб.: XИМИЗДАТ, 2005. 264 с.
- 2. **Таганова**, **А. А.** Диагностика герметичных химических источников тока [Текст] / А. А. Таганова. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. 128 с.
- Багоцкий, В. С. Химические источники тока [Текст] / В. С. Багоцкий, А. М. Скундин. — М.: Энергоатомиздат, 1981. — 360 с.
- Варыпаев, В. Н. Химические источники тока [Текст] / В. Н. Варыпаев, М. А. Дасоян, В. А. Никольский. М.: Высш. шк., 1990. 240 с.
- 5. **Бадаев, Ф. 3.** Элементы электрохимии. Химические источники тока [Текст]: учеб. пособие / Ф. 3. Бадаев, В. А. Батюк, В. Н. Горячева. М.: Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1993. 71 с.
- Химические источники тока [Текст]: справочник / под ред. Н. В. Коровина и А. М. Скундина. — М.: Изд. МЭИ, 2003. — 740 с.
- 7. **Кромптон, Т. А.** Вторичные источники тока [Текст] / Т. А. Кромптон. М.: Мир, 1985. 304 с.
- Кромптон, Т. А. Первичные источники тока [Текст] / Т. А. Кромптон. — М.: Мир, 1986. — 326 с.

Рассматривается электрогидродинамический двигатель, на который получен патент [1]. Отличительной особенностью двигателя по сравнению с ДВС является то, что в нем не используется углеводородное топливо. Работа электрогидродинамического двигателя (ЭГДД) заключается в следующем (рис. 1). Объемы цилиндров двигателя выше ВМТ заполняются жидкостью, которая должна обеспечивать хорошие смазывающие свойства и не замерзать при определенной минусовой температуре. Поршни цилиндров соединены с коленчатым валом двигателя и должны создавать высокую герметичность. В этих объемах устанавливаются электроды 1 и 2 с определенным зазором между ними, образуя канал разряда. На один из электродов подается высокое напряжение от электронного блока управления 3, в результате чего между этим и заземленным электродом создается плазменный разряд, жидкость испаряется и давление повышается. Парожидкостная смесь перемещает поршень и связанный с ним коленчатый вал. При движении поршня давление падает, и при принудительном охлаждении в районе НМТ происходит релаксация парожидкостной смеси, создается вакуум, и поршень с большой скоростью перемещается к ВМТ. Далее снова подается электрический разряд на электроды, и процесс повторяется.

Из описания работы ЭГДД следует, что он является двухтактным двигателем.

Для длительной исправной работы двигателя имеется компенсационная система 4, которая включает насос подпитки низкого давления

## Электрогидродинамический двигатель для транспортных средств

Рассматривается электрогидродинамический двигатель, для работы которого не требуется углеводородное топливо. Работа двигателя основана на электрическом разряде в жидкости, замерзающей при низкой температуре, расположенной в надпоршневом объеме цилиндра. КПД двигателя может достигать 0,72—0,75.

**Ключевые слова:** двигатель, поршень, давление, электроды, жидкость.

5, фильтр 6, переливной гидроклапан 7 и сливной бак 8. Последовательность и необходимость подачи жидкости в цилиндры компенсационной системой обеспечивают электромагнитные клапаны 9.

Электронный блок управления 3 объединяет источник электрической энергии 10 и блок формирования высоковольтных импульсов 11, в последний входят генератор импульсов 12, транзисторный коммутатор 13 и многосекционный повышающий трансформатор 14. Электрические сигналы от датчиков суммируются на сумматоре электрических сигналов 15. В качестве основных датчиков двигателя используются датчики температуры 16, 17 и датчики давления 18, 19, установленные в районах ВМТ и НМТ. На сумматор могут также подаваться сигналы от разных устройств, транспортных систем и других датчиков.

Зазор между электродами 1 и 2 может регулироваться механизмом 20, что обеспечивает различную скорость испарения жидкости и частоту вращения коленчатого вала двигателя. Указан-

УДК 621.313.333

В. К. Соковиков, д-р техн. наук, проф., МГТУ "МАМИ" Е-mail: Lep@mami.ru (для Соковикова В. К.)



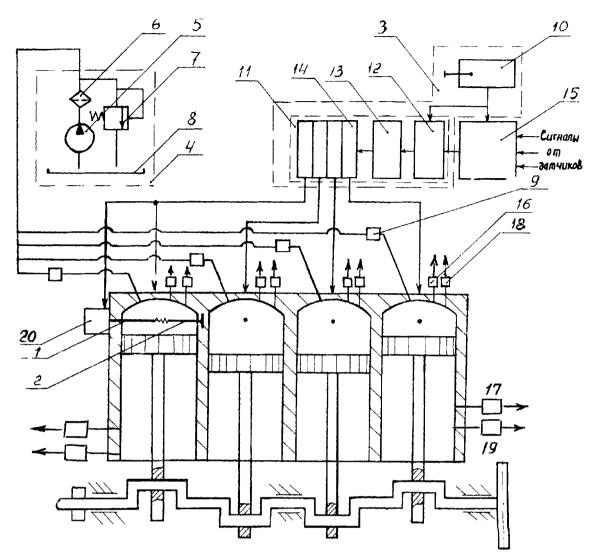


Рис. 1. Схема электрогидродинамического двигателя

ные параметры могут также изменяться от величины и частоты напряжения, подаваемого на электроды.

Из описания ЭГДД следует, что в нем отсутствуют клапаны, привод к ним, выпускная труба и целый ряд устройств и систем, необходимых для работы ДВС. Однако для работы ЭГДД необходимы электрический источник питания и система охлаждения паро-жидкостной смеси в районе НМТ.

Оценим основные характеристики электродинамического двигателя.

Из рис. 1 следует, что электрогидродинамический двигатель включает два основных элемента — электронный блок управления 3 с выходом в виде

электродов 1 и 2 и блок цилиндров двигателя, выходом которого является коленчатый вал двигателя.

Работа электронного блока управления зависит от величины и сочетания индуктивности L цепи разряда и емкости C конденсатора, которые существенно влияют на создание движения между электродами и давления в HMT.

Важным элементом блока цилиндров двигателя являются электроды. Их конструкция определяет время и величину разряда, а также возможность настройки оптимального зазора между ними. Характер изменения вольт-секундной характеристики в функции зазоров между электродами и времени пробоя зазора представлен на рис. 2 [2].

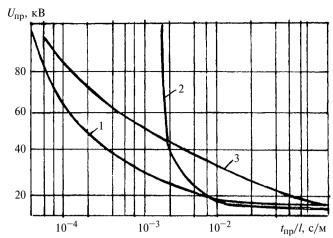


Рис. 2. Зависимость вольт-секундной характеристики системы от отношения времени пробоя к зазору между электродами, величины этого зазора и типа электродов

На рис. 2 обозначено:

 $U_{\rm пр}$ , кВ — вольт-секундная характеристика зазоров в однородном поле с учетом перегрева жидкости (напряжение пробоя);  $t_{\rm пр}$  — время пробоя зазора; l — длина промежутка между электродами.

Электродами могут быть отрицательно заряженный стержень — положительно заряженная плоскость (кривая 1); положительно заряженный стержень — отрицательно заряженная плоскость (кривая 2); и два стержня с разными зарядами (кривая 3).

Для работы двигателя наиболее целесообразен второй случай: положительно заряженный стержень и отрицательно заряженная плоскость, соединенная с корпусом цилиндра и транспортного средства.

При значении параметра

$$R = \frac{R_a}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

на активном сопротивлении канала разряда  $R_a$  развивается предельно возможная мощность. Удельная интенсивность изменения (крутизна) этой мощности, передаваемой между электрода-

ми в жидкость, определяется по уравнению [2]

$$\frac{dN_{\text{max}}}{dt} =$$

$$= 3.4 \cdot 10^7 U_{\text{np}}^{1/2} C^{-1/4} L^{-3/4}. \quad (1)$$

Напряжение пробоя между зазорами электродов  $U_{\rm np}$  задается по данным рис. 2.

От параметров, представленных в уравнении (1), зависит оптимальная длина промежутка между электродами

$$l_{\text{OHT}} = 8 \cdot 10^{-9} U_{\text{Hp}}^{3/2} (C/L)^{1,4}.$$
 (2)

Результаты расчета удельной интенсивности изменения электрической мощности  $\frac{dN_{\max}}{dt}$ , передаваемой между электродами, и оптимальной длины промежутка  $l_{\text{опт}}$  от напряжения пробоя  $U_{\text{пр}}$  при  $C=0,25\cdot 10^{-6}$  Ф и  $L=2,2\cdot 10^{-3}$  Гн представлены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что чем больше напряжение пробоя, тем больше удельная интенсивность изменения электрической мощности и оптимальная длина промежутка между электродами.

Для напряжения пробоя  $U_{\rm np} = 20$ —40 кВ оптимальный зазор между электродами изменяется от  $2,24\cdot 10^{-3}$  м до  $6,4\cdot 10^{-3}$  м, т. е. зазоры достаточно большие и легко регулируемые.

Давление в канале разряда в результате испарения жидкости зависит от удельной

Таблица 1

$U_{\rm пp}$ , кВ	20	40	50	60
$\frac{dN_{\text{max}} \cdot 10^{10}}{dt}$ KBT/(c·M)	2	3,06	3,3	3,7
$l_{\text{опт}} \cdot 10^{-3}$ , м	2,24	6,4	8,9	11,75

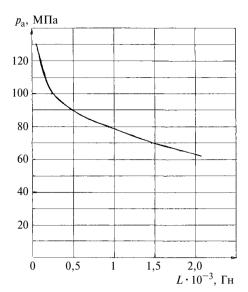


Рис. 3. Зависимость давления в канале разряда от индуктивности цепи разряда

интенсивности изменения электрической мощности и определяется по формуле

$$p_{\rm a} = \frac{(4.5 \cdot 10^{-20}) \left(\frac{dN_{\rm max}}{dt}\right)^{2/3}}{4.3 \cdot 10^{-19} + 3.9 \cdot 10^{-21} \left(\frac{dN_{\rm max}}{dt}\right)^{1/6}}.$$
 (3)

Приведенные формулы показывают, что удельная интенсивность изменения электриче-

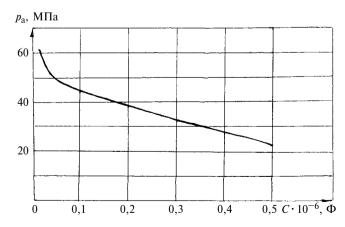


Рис. 4. Зависимость давления в канале разряда от емкости конденсатора

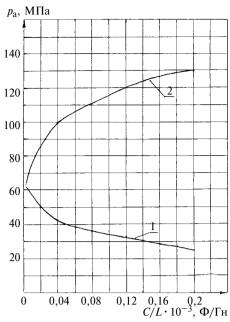


Рис. 5. Зависимость давления в канале разряда от отношения емкости  ${\it C}$  конденсатора к индуктивности  ${\it L}$  канала разряда

ской мощности  $\frac{dN_{\max}}{dt}$ , оптимальная длина промежутка между электродами  $l_{\text{опт}}$  и давление в канале разряда  $p_{\text{а}}$  зависят от емкости C конденсатора и индуктивности L цепи разряда электронного блока питания. Изменяя емкость C и индуктивность L, можно добиться увеличения прежде всего интенсивности изменения удельной электрической мощности  $\frac{dN_{\max}}{dt}$  и остальных параметров двигателя. На рис. 3 приведен график изменения давления  $p_{\text{a}}$  в канале разряда в функции индуктивности  $L \cdot 10^{-3}$  Гн при напряжении пробоя  $U_{\text{пр}} = 40$  кВ

ления  $p_a$  в канале разряда в функции индуктивности  $L \cdot 10^{-3}$  Гн при напряжении пробоя  $U_{\rm пp} = 40$  кВ и емкости  $C = 0,01 \cdot 10^{-6}$  Ф. Из рис. З видно, что уменьшение индуктивности L от  $2,2 \cdot 10^{-3}$  до  $0,02 \cdot 10^{-3}$  Гн приводит к увеличению давления  $p_a$  от 62 до 130 МПа. Аналогично влияние и емкости C. На рис. 4 показано изменение давления  $p_a$  при напряжении пробоя  $U_{\rm пp} = 40$  кВ и индуктивности  $L = 2,2 \cdot 10^{-3}$  Гн в функции емкости C. При уменьшении емкости C от  $0,5 \cdot 10^{-6}$  до  $0,01 \cdot 10^{-6}$  Ф давление  $p_a$  возрастает до 62 МПа. Следовательно, для увеличения давления  $p_a$  целесообразно уменьшение индуктивности L и емкости конден-

сатора C. Однако влияние этих параметров на давление  $p_a$  различно, поэтому целесообразно рассмотреть изменение давления  $p_a$  в канале разряда в функции C/L. На рис. 5 представлены графики давления  $p_a$  при изменении отношения C/L от  $0.01 \cdot 10^{-3}$  до  $0.2 \cdot 10^{-3}$  Ф/Гн.

Кривая 1 получена в результате увеличения емкости C, а кривая 2 — уменьшения индуктивности L. Рис. 5 показывает, что целесообразно уменьшать индуктивность при сохранении электроемкости C. Вместе с тем, существенное уменьшение индуктивности (см. рис. 3) приводит к значительному росту давления  $p_a$  в канале разряда.

При электрическом разряде между электродами в канале разряда в процессе испарения жидкости происходят потери энергии, которые оцениваются акустическим КПД ( $\eta_a$ ). При дальнейшем движении паро-жидкостной смеси по объему цилиндра возникают гидравлические потери, рассматриваемые в виде гидравлического КПД ( $\eta_r$ ). Это два вида основных потерь, которые наблюдаются в цилиндре двигателя при движении поршня. Оценим их значения.

Акустический КПД представляет собою долю выделившейся электрической энергии в канал разряда, переходящую в энергию пробоя между электродами и испарения жидкости. Этот КПД в больших объемах максимально равен 0,36 [3]. Однако при некоторых конструктивных изменениях разрядной камеры [4] можно его повысить до 0,6 и более. Приведенные значения акустического КПД характерны для больших объемов и значительных зазоров между электродами (1 > 30 см). В незначительных объемах рабочих камер цилиндров двигателя с ограниченными зазорами между электродами преобладает лидерный или тепловой режим разрядов и практически вся электрическая энергия преобразуется в энергию

пробоя. При этом различие между лидерным и тепловым режимами пробоя заключается в том, что при лидерном пробое преобладает энергия движения парожидкостной смеси (больше 50%) над энергией ударной волны. Такой пробой наиболее целесообразен, так как перемещение поршня цилиндра двигателя в основном происходит за счет движения паро-жидкостной смеси, а ударная волна создаст дополнительные нагрузки на механические элементы двигателя. Тепловой режим пробоя возникает при сравнительно низких напряженностях поля, не превышающих 36 кВ/см (для воды), при этом пробой межэлектродного промежутка происходит по газовому мостику, образующемуся в результате разогревания и испарения жидкости током проводимости.

Граница, разделяющая лидерный и тепловой режимы пробоя, при использовании в качестве рабочей жидкости воды может быть оценена по эмпирической зависимости [5], где переменной является длина зазора *l* между электродами:

$$l = 60 \ U_{\rm mn}^2 \sqrt[3]{C}$$
.

Ограниченность объема рабочих камер цилиндров двигателя также существенно влияет на развитие плазменного канала между электродами при высоковольтном электрическом пробое жидкости. Наличие металлического экрана в виде стенок цилиндра приводит к стабилизации плазменного канала разряда при лидерном или тепловом режимах пробоя вследствие образования индуцированного соленоидального магнитного поля. Если в больших объемах жидкости электрический пробой жидкостного промежутка при напряженности электрического поля не более 3,5 кВ/см является маловероятным, то в условиях сильно стесненного пространства тепловой режим пробоя при столь низкой напряженности поля достаточно надежно воспроизводится.

Вместе с тем незначительный объем жидкости в цилиндрах двигателя при сравнительно большом выделении энергии обусловливает рост температуры жидкости и статического давления внутри цилиндра. Следовательно, имеются оптимальные условия, при которых наилучшим образом осуществляется электрический разряд с максимально полным выделением энергии разряда в жидкость, а отсюда, с максимальным акустическим КПД. Оптимальные условия разряда зависят от объема рабочих камер цилиндра, гидростатического давления, времени гидростатического процесса при движении паро-жидкостной смеси, скорости звука при прохождении его в паро-жидкостной смеси, энергии разряда, времени выделения энергии в канал разряда, длины зазора между электродами и т. д. Таким образом, определение оптимальных условий, при которых происходит максимальное выделение электрической энергии в жидкость с минимальными ее потерями при движении паро-жидкостной смеси и обеспечивается максимальный гидравлический и акустический КПД, является сложной гидродинамической залачей.

Стабилизирующее влияние стенок цилиндра двигателя на электрический разряд обеспечивает надежное воспроизведение лидерного режима разряда, при котором по экспериментальным данным [5] в канале разряда может выделиться более 85 % энергии, подведенной к электродам, т. е. при этом  $\eta_a \ge 0.85$ .

При дальнейшем движении паро-жидкостной смеси в результате трения между слоями смеси давление уменьшается. Поэтому уменьшение трения должно привести к росту давления  $p_{\phi}$ , действующего на поршень цилиндра, и гидравличе-

Таблица 2

<b>№</b> π/π	Жидкость	$\eta_{max}$
1	Антифриз	0,25
2	Вода	0,35-0,4
3	Машинное масло	0,5-0,6
4	Трансформаторное масло	0,7—0,8

ского КПД двигателя. Трение между слоями жидкости может быть уменьшено при использовании жидкости DOW Corninq 200 вместо воды или в сочетании с водой. Эта жидкость имеет вязкость в два раза меньшую, чем вода и, как следствие, меньшее трение между слоями смеси. Температурный диапазон ее применения от -40 до +200 °C. Аналогично использование силиконовой (кремнеорганической) жидкости полиметилсилоксана (ПМС) с вязкостью 0,65 сСт. Она также имеет широкий температурный диапазон.

Хороший эффект достигается при применении в качестве рабочей жидкости минеральных масел. Так, было получено увеличение гидравлического КПД в два и более раза при использовании минеральных масел [4] по сравнению с гидравлическим КПД в воде при удалении от канала разряда на  $12 \cdot 10^{-2}$  м (табл. 2).

Наибольший гидравлический КПД имеет трансформаторное масло (0,7-0,8), что в два раза больше гидравлического КПД воды.

С увеличением относительной длительности разряда наибольшее значение гидравлического КПД перемещается из зоны, соответствующей предельному лидерному разряду, в зону предельного теплового разряда. При этом наибольшее значение КПД достигается при следующих значениях параметров:

$$X_1 = 10; X_2 = 1,3; X_3 = 0.0358 \sqrt{X_1}$$

где 
$$X_1=\frac{E_0}{p_0V};\, X_2=\frac{a_0\tau}{\sqrt[3]{V}};\, X_3=\frac{l}{\sqrt[3]{V}};\, E_0$$
 — энергия

разряда;  $p_0$  — гидростатическое давление; V — объем рабочей камеры цилиндра двигателя;  $a_0$  — скорость

звука в паро-жидкостной смеси;  $\tau = \sqrt[3]{V}/a_0$  — время гидродинамического процесса; l — зазор между электродами.

Вместе с тем экспериментальные исследования [5] в широких диапазонах значений емкости электрической цепи (6—100 мкФ), объема рабочей камеры (130—1600 см³), напряжения пробоя (2—20 кВ), зазора между электродами (1—20 мм) с пятикратным воспроизведением опытной точки показали, что в малых объемах гидравлический КПД может достигать в воде  $\eta_{\Gamma} = 0.7$ —0,8 и более при зазоре между электродами l = 4.5—7 мм.

Отсюда следует, что при селективном подборе жидкости можно выбрать для использования в двигателях такую жидкость с соответствующими присадками, в которой был бы минимальный коэффициент трения между слоями и достаточно высокий гидравлический КПД, равный 0,9-0,95. Следует учитывать, что максимальный гидравлический и акустический КПД могут быть получены при потребных значениях емкости конденсатора и индуктивности цепи разряда электронного блока питания, а также при нормальных гидростатическом давлении и температуре жидкости. Увеличение гидростатического давления при прочих равных условиях согласно параметру  $X_1$  эквивалентно уменьшению энергии  $E_0$ , т. е. приводит к понижению гидравлического КПД. Увеличение температуры парожидкостной смеси и жидкости в районе НМТ перемещения поршня также приводит к уменьшению гидравлического КПД. Чем ниже температура жидкости, тем выше технические показатели электродинамического двигателя.

Теоретическое определение основных параметров электрогидродинамического двигателя при электрическом разряде между электродами может быть получено [5] из решения следующей системы дифференциальных уравнений.

1. Выделяемая энергия разряда, соответствующая заданному закону

$$E(t) = E_0 t \tau.$$

2. Уравнение гидродинамики сжимаемой жидкости:

уравнение ускорения движения

$$\partial x/\partial t = -(1/\rho_0)(R/r)\partial p_a/\partial r;$$

уравнение связи перемещения частиц паро-жидкостной смеси со скоростью U

$$U = \partial R/\partial t$$
:

уравнение неразрывности паро-жидкостной смеси

$$\partial/\partial t(\rho\Delta) = 0$$
,

где R — эйлерова пространственная координата; r — лагранжева пространственная координата; U — скорость движения паро-жидкостной смеси; x — перемещение поршня;  $\rho$  — плотность паро-жидкостной смеси в данном месте поля;  $p_a$  — давление в жидкости в канале разряда;  $\Delta$  — плотность кольцевой ячейки лагранжевой смеси (уравнение Тэта)

$$p_a = p_0 + B[(\rho/\rho_0)^n - 1],$$

где  $B = 3,047 \cdot 10^8 \text{ H/м}^2$ , n = 7,15,  $p_0$  и  $\rho_0$  — давление и плотность жидкости в невозмущенной среде.

Условие сохранения энергии, вводимой в канал разряда, на границе раздела жидкости и газовой полости

$$E_{\rm B} + A = E$$

где  $E_{\rm B} = p_{\rm a} V_0 (\gamma - 1)$  — внутренняя энергия газовой полости при испарении жидкости; E — энергия, выделяемая в канал разряда; A — работа, совершаемая паро-жидкостной смесью;  $\gamma = 1,26$  — показатель адиабаты газа в канале разряда;

$$A = \int_{V_0}^{V_k} p_{\oplus} dV_k,$$

 $V_k$  — объем рабочей камеры цилиндра двигателя;  $V_0$  — объем жидкости между электродами.

Внешнее граничное условие движения поршня гидроцилиндра двигателя

$$\frac{d^2R_n}{dt^2} = p_{\Phi}/\rho_c x,$$

где  $R_n$  — радиус поршня;  $\rho_c$  — плотность паро-жидкостной смеси у поршня в НМТ;

 $p_{\Phi}$  — давление в паро-жидкостной смеси в данном месте поля.

Начальные условия: t = 0; R = r;  $\partial r/\partial t = 0$ .

Точное решение данной системы уравнений представляет определенную сложность. Поэтому для ее решения следует применить численно конечно-разностный метод с использованием разностной схемы второго порядка точности. Неявные граничные условия могут быть получены итерационным методом Ньютона—Рафсона.

Таким образом, были установлены следующие параметры, характеризующие экономические по-казатели ЭГДД: гидравлический КПД двигателя  $\eta_r \approx 0.9-0.95$ ; акустический КПД  $\eta_a \ge 0.85$ . При  $\eta_r = 0.92$ ,  $\eta_a = 0.92$  с учетом механического КПД двигателя при движении поршня и КПД вспомогательных устройств общий КПД двигателя может достигать  $\eta = 0.72-0.75$ . Полученный КПД ЭГДД существенно выше КПД ДВС и может с ним конкурировать на транспортных средствах. ЭГДД, используемый совместно с ДВС (гибридный двигатель), может широко применяться в

транспортных средствах как в городских, так и в полевых условиях. Он является экологически чистым, поэтому его эксплуатация предпочтительнее, чем ДВС. Дальнейшие работы по электрогидродинамическому двигателю должны еще больше повысить его экономические показатели и технические возможности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Соковиков, В. К. Строков, П. И.** и др. Поршневой электрогидравлический двигатель. Патент на изобретение № 2278297, бюл. № 17 от 20.06.2006 г.
- 2. Электротехнический справочник: под общ. редакцией В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского и др. М.: Энергоатомиздат, 1988. 616 с.
- 3. **Оборудование** и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта [Текст] / Г. А. Голый, П. П. Малышевский, Е. В. Кривицкий и др. М.: Машиностроение, 1977. 320 с.
- 4. **Об оценке** полного гидродинамического КПД электрического разряда в воде [Текст] / Г. Н. Гаврилов, А. Г. Рябинин, Г. А. Рябинин и др. // Журн. техн. Физики, 1977. Т. 47, Вып. 7. С. 1506—1509.
- 5. **Богоявленский К. Н.** Гидропластическая обработка металлов. [Текст] / К. Н. Богоявленский, В. А. Вагин, А. Н. Кобышев и др. Ленинград: "Машиностроение" Ленинградское отделение, 1988 г., София Техника. 1988. 256 с.

## Вниманию гитателей!

## ООО "ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ"

принимает подписку на журналы на 2011 г. При подписке через издательство Вы

- получите журналы с первого номера;
- > сэкономите на стоимости почтовой доставки;
- узнаете о новых книгах и журналах издательства.

Постоянным подписчикам предоставляется скидка на подписку и публикацию рекламных объявлений.

Присылайте заказ и обращайтесь за дополнительной информацией в отдел продаж, маркетинга и рекламы 107076, г. Москва, Стромынский пер., д. 4

> Тел.: (499) 269-66-00, 269-52-98; факс (499)269-48-97 E-mail: realiz@mashin.ru; www.mashin.ru

Ниже рассматривается одно из возможных направлений деятельности, которое может существенно повлиять на процесс автомобилизации — это унификация параметров автомобилей при их конструировании и производстве.

Автомобиль является достаточно сложным, наукоемким изделием, производимым современным машиностроением, причем самым массовым.

Автомобиль как устройство, находящееся в эксплуатации, подвергается износу и требует сервисного и ремонтного обслуживания.

В настоящее время автопроизводители замыкают сервисное и ремонтное обслуживание на себя и даже создают для этого условия в виде некоторых элементов конструкции и специальных оригинальных только для них инструментов и станков. Это ограничивает использование их же автомобилей в местах, где нет их сервисного и ремонтного обслуживания, или создает неудобства потребителям.

Автомобили в настоящее время разделяют на классы. Автомобиль можно разделить на платформу и кузов, платформу — на агрегаты (модули), выполняющие в автомобиле определенные функции.

Модулем можно назвать любую часть от некоторого целого, определив, например, эту часть теми функциями, которые она выполняет в целом. Что касается автомобиля, то для него модулем можно назвать, например, любой агрегат, скажем двигатель, или тормозную систему, или колесо. Например, платформа разбивается на модули, исходя из того, какие основные функции эти модули выполняют на современном автомобиле.

## Оспособе унификации параметров автомобилей

Предлагается способ конструирования и производства автомобилей из функциональных модулей на основе перехода к унифицированным узлам соединения этих модулей. Рассматривается метод унификации по частичным параметрам функциональных модулей, проблемы, которые возникают при использовании функциональных модулей.

**Ключевые слова:** автомобиль, модуль, параметр, унификация.

Следует отметить, что в современной системе автомобилизации наметилась тенденция, когда появляются предприятия, которые специализируются на выпуске определенного ряда модулей. Скажем, это ряд двигателей разной мощности, или ряд рулевых устройств для автомобилей разного размера и т. п. В связи с этим автозаводы могут постепенно отходить от "натурального хозяйства", используя для производства уже готовые модули. В то же время, может начаться конкуренция между производителями модулей за выпуск их более совершенными, а автозаводы будут выбирать, какие модули для них больше подхолят.

В свете изложенного вернемся теперь к поставленной задаче об унификации параметров автомобилей при конструировании и производстве. Нельзя сказать, что элементы унификации параметров автомобилей не встречаются в настоящее время. Например, легковые автомобили в большинстве своем имеют четыре рабочих колеса. В конструкциях отдельных модулей встречаются одни и те же компоненты. Сцепные устройства грузовых автомобилей-тягачей имеют одни и те же параметры.

Можно предложить различные способы унификации параметров автомобилей. Остановим-

УДК 629.33.001 Т. К. Гадельшин, канд. физ.-мат. наук, Л. Т. Галельшин. МГТУ "МАМИ" E-mail: t gadelshin@mail.ru

ся на одном из них, который естественным образом следует из того, как платформу современного автомобиля можно разделить на его функциональные модули. Обратим внимание на то, что модули платформы для того, чтобы они превратились в автомобиль, связаны между собой либо узлами жесткого соединения, либо узлами сопряжения, когда есть степень свободы для перемещения элементов одного модуля относительно элементов другого модуля.

Рассмотрим автомобили одного типа и класса, выпускаемые разными автопроизводителями. В качестве одного из способов унификации этих автомобилей предлагается унификация параметров узлов соединения и сопряжения модулей их платформ. Такой способ унификации не является столь обременительным для автопроизводителей или производителей модулей и не затрагивает полностью их собственные интересы. Внутреннее содержание одноименных модулей разных производителей модулей может отличаться по параметрам. Это способ унификации почти не затрагивает параметры кузова. Они могут отличаться у разных автопроизводителей, особенно по дизайну. При выборе автомобиля потребитель чаще всего выбирает его по кузову. Платформа в основном закрыта кузовом и ее параметры потребителя либо не интересуют, либо он узнает о них из инструкции по эксплуатации.

Таким образом, предложенный способ унификации параметров автомобиля, оставляет производителю широкое поле деятельности для того, чтобы его автомобиль был конкурентоспособным на рынке. Это могут быть конструкции модулей, дизайн, конструкция кузова, качество изготовления, сервисное обслуживание, цена автомобиля.

Этот способ унификации можно сравнить со способом унификации современных персональных компьютеров. Там проведена унификация по параметрам разъемов между модулями и типу электрических сигналов. Преимущества такой унификации видны. Компьютеры овладели всем миром и стали доступны.

В автомобилях через узлы соединения и сопряжения "течет" вращающий момент или передаются усилия водителя для управления автомобилем.

Рассмотрим некоторые преимущества изложенного выше метода унификации параметров автомобилей.

Создание модулей с унифицированными узлами соединения и сопряжения может оказаться эффективным вместе со специализацией предприятий по производству тех или иных модулей.

Производство автомобилей может быть приближено к потребителям. Перевозка готовой продукции, такой как автомобили, на большие расстояния совсем не рациональна. Сборочные производства из готовых функциональных модулей как своих, так и других производителей можно организовывать вблизи потребителей автомобилей. При этом производство кузова, наиболее объемной части автомобиля и неудобной с точки зрения транспортировки, стоит организовывать поблизости от потребителей продукции.

Выполнение сборки автомобилей из унифицированных функциональных модулей позволяет проще проводить ремонт и модернизацию автомобилей, заменяя в них ранее используемые модули на более совершенные. Это уменьшит затраты на эксплуатацию автомобилей как для потребителей, так и в целом, с точки зрения использования автомобилей в обществе.

Автомобили с унифицированными модулями могли бы более качественно и с меньшими затратами проходить техническое обслуживание и ремонт независимо от места их эксплуатации.

Применение унифицированных функциональных модулей может оказаться одной из предпосылок для выработки стандартов по техническому обслуживанию и ремонту автомобильной техники, которое надо будет учитывать при конструировании и производстве автомобилей.

Наиболее сложными могут оказаться организационные и правовые проблемы унификации автомобилей.

Для унификации автомобильных конструкций требуется решить следующие проблемы:

- согласовать и утвердить выбор типов и классов автомобилей, определить для каждого из них параметры и утвердить стандарты;
- разработать и согласовать способы, схемы разбиения автомобиля на функциональные модули, утвердить стандарты на эту процедуру;

- выбрать, согласовать параметры унификации по каждому модулю, утвердить стандарты по этим параметрам;
- разработать и согласовать конструкции узлов соединения модулей, а также узлов их сопряжения, утвердить эти конструкции на уровне их стандартизации;
- разработать и согласовать процедуры конструирования и производства автомобилей из унифицированных функциональных модулей. Утвердить для этого необходимые стандарты;
- осуществлять контроль над выполнением стандартов, которые нужно соблюдать для внедрения унифицированных модулей.

Пути, с помощью которых могут быть эти проблемы решены:

- прежде всего необходимо ознакомить сообщество автопроизводителей с проблемами унификации автомобильных конструкций и производства автомобилей с помощью унифицированных функциональных модулей. Это можно сделать с помощью публикаций, выступлений на конференциях и конгрессах ассоциаций автопроизводителей;
- надо провести исследовательскую работу для решения этих проблем и воз-

можности перехода к унифицированным функциональным модулям;

- следует создать рабочие группы из числа автопроизводителей для решения этих проблем и решить указанные выше проблемы с помощью этих групп;
- нужно внедрить полученные решения в конструкции автомобилей и в производство.

Выводы. Предложенный способ унификации параметров автомобиля может внести изменения при конструировании и производстве автомобилей. Он может оказать влияние на процесс автомобилизации несмотря на то, что затрагивает небольшую часть параметров автомобиля. Реализация процесса унификации автомобилей должна касаться всего сообщества автопроизводителей. Решение поставленных проблем может привести к постановке новых задач и потребовать вовлечения в их решение большого числа специалистов.

#### **БИБЛИОГРАФИЯ**

**Гадельшин, Т. К.** Параметрическая унификация конструктивных параметров автомобиля при его конструировании и производстве [Текст] / Т. К. Гадельшин, Д. Т. Гадельшин. — Известия МГТУ "МАМИ", 2008. — № 1 (5).

## В Ростове-на-Дону отметили столетие паровой машины

Английской паровой машине — одному из старейших экспонатов музея сельскохозяйственной техники компании "Бизон" — исполнилось 100 лет. Свой юбилей, несмотря на внушительный возраст, она встретила в первозданном виде и рабочем состоянии.

Паровая машина фирмы "Ричард Гаррет и сыновья" (Richard Garrett & Sons) была изготовлена в г. Лейстон графства Саффолк в 1910 г. Порядковый номер, 28 689, указывает на большой масштаб производства и широкий спрос далеко за пределами Англии.

Машина представляет собой паровой двигатель мощностью 15 л. с. (давление пара в котле 8 кгс/см<sup>2</sup>). К месту работ доставлялась лошадьми или трактором. Внешний привод рассчитан на подключение стационарных устройств — молотилки, динамо-машины, насоса, мельницы и др. Энергия передается ременной тягой. В США агрегат использовался даже при вспашке. Установленный на краю поля, он с помощью каната перетаскивал плуг с противоположной стороны.

— Управление паровой машиной требует специальных знаний, — рассказал Павел Авакимян, механик музея сельхозтехники компании "Бизон". — Нужно постоянно контролировать расход воды и давление пара, одновременно следить за работой подключенного сельскохозяйственного орудия.

В первой половине XX века компания "Ричард Гаррет и сыновья" освоила производство паровых локомобилей, самоходных дорожных катков, тягачей для буксировки тяжелых повозок, электромобилей и грузовых троллейбусов. Однако наибольшей коллекционной ценностью сегодня пользуются перевозные паровые двигатели, с которых началась история мирового машиностроения.

Музей раритетной сельхозтехники Бизона машина семьи Гарретов пополнила пять лет назад. По традиции ее приводят в действие только раз в году в присутствии нескольких тысяч зрителей.

(Информация БизонАгроНовости)

## УДК 621.355 В. С. Антипенко, канд. техн. наук, С. В. Антипенко, МГТУ "МАМИ": С. А. Лебедев, канд. техн. наук. Рязанск, воен. автомоб. ин-т (г. Рязань) E-mail: antipinko@ - mail.ru

# Тестирование системы электростартерного пуска

Приводится информация об испытательном стенде и результатах проведенных на нем испытаний при различных условиях и режимах, и исследуются полученные результаты.

**Ключевые слова:** испытательный стенд, режимы испытаний, результаты испытаний.

Одной из наиболее существенных причин, определяющих надежность пуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС) при низких температурах, является состояние аккумуляторной батареи (АБ), внутреннее сопротивление которой существенно возрастает и становится фактором, ограничивающим силу пускового тока. В последние годы повышенное внимание уделяется молекулярным накопителям энергии (МНЭ), которые, обладая высокой удельной энергией, в процессе пуска способны значительно снизить токовую нагрузку на АБ, улучшив тем самым ее характеристики и увеличив срок службы. В связи с этим возникает необходимость разработки в качестве источника электрической энергии для систем электростартерного пуска (СЭП) комбинированного источника тока (КИТ), включающего АБ и МНЭ.

Для испытания КИТ на различных образцах военной автомобильной техники (ВАТ) в Рязанском военном автомобильном институте были созданы передвижные пуско-зарядные устройства ППЗУ-14 и ППЗУ-28 для СЭП с номинальным напряжением соответственно 12 и 24 В. Испытания СЭП проводились на двух силовых установках ЗМЗ-4062 и КАМАЗ-740.

Используемый диагностический комплекс оборудован приборами, обладающими высокой точностью и позволяющими снимать все необходимые характеристики и определять параметры системы и источников тока в реальном времени и в любом масштабе. Универсальный USB-осциллограф позволяет фиксировать одновременно значения пяти характеристик. Программа

позволяет разбивать графики на отдельные участки, временной "маркер" дает возможность одновременно определять значения измеряемых параметров в любой момент времени с периодичностью до 0,001 с. Авторами получены осциллограммы изменения силы стартерного тока, напряжения и частоты вращения коленчатого вала дизеля КАМАЗ-740 при проворачивании его от КИТ, включающего две АБ 6СТ-190А и накопитель МНЭ-120/28.

Можно выделить два этапа работы энергоблока. На первом этапе основную токовую нагрузку на себя берет МНЭ, при этом сила тока изменяется от 1000 до 450 А, а напряжение, наоборот, значительно не изменяется и находится в пределах 15—16 В. Частота вращения коленчатого вала в этот период резко возрастает. Продолжительность первого этапа составила 1 с. На втором этапе после разряда МНЭ в работу вступает АБ. Продолжительность работы АБ составила 9,9 с, при этом сила стартерного тока росла, напряжение упало до 8,12 В, частота вращения коленчатого вала соответственно тоже снизилась. Для преобразования и измерения стартерных токов применяется токовый преобразователь АРРА-39Т, выполненный в ударопрочном корпусе, имеющий индикацию включения питания и разряда батареи, установку нуля. Технические характеристики прибора представлены в табл. 1. Измеритель частоты вращения коленчатого вала двигателя включает электромагнитный датчик ТК-34 и преобразователь сигналов датчика. Для размещения датчика на различных двигателях изготовлен комплект креплений датчика. Для его срабатывания на шкивах закрепляются сигнальные пластины. Датчик должен размещаться на расстоянии около 5 мм до пластин. Для дизеля КАМАЗ-740 сигнальные пластины выполнены в виде шестиконечной

Технические характеристики преобразователя тока АРРА-39Т

Параметр	Значение
Тип преобразователя	Датчик Холла
Измеряемый ток	Постоянный и переменный
Диапазон и погрешность измерений	$0-100 \text{ A} \pm (2.9 \% + 2 \text{ A}), 0-1000 \text{ A} \pm (2.9 \% + 5 \text{ A})$
Нагрузка (импенданс), кОм	100
Максимальный диаметр провода (шины), мм	50 (24 × 60)
Защита от перегрузки, В	1000
Источник электроснабжения	Тип "Крона", 9 В
Срок службы источника электроснабжения, ч	66
Время автоотключения электроснабжения, мин	30
Габаритные размеры (длина × высота × глубина), мм	$90 \times 232 \times 32$
Macca, r	420

звезды, лопасти которой находятся под углом 60° друг от друга. Тем самым за один оборот коленчатого вала с одинаковой частотой магнитное поле наводится 6 раз за одинаковые промежутки времени. Приспособление монтируется на четыре винта шкива гидромуфты двигателя, что обеспечивает жесткую связь с коленчатым валом. Для простоты монтажа приспособления на двигатель приспособление было разделено на составные части, это обеспечивает возможность установки без дополнительных работ (снятие радиатора, вентилятора и т. д.).

Так как испытания МНЭ проводятся с АБ разных типов и разного технического состояния, для их оценки применяется анализатор АБ "МЕГА-001" — электроизмерительный цифровой комбинированный прибор, предназначенный для быстрой оценки электрических параметров и состояния свинцово-кислотных АБ. Измерения производятся одновременно по

пяти разноименным величинам: напряжение разомкнутой цепи, сопротивление, максимальная сила тока, который способна отдать АБ в стартерном режиме разряда, остаточная электрическая емкость и температура. Результаты измерений отображаются в числовом виде на ЖК-дисплее, установленном на лицевой панели прибора. Основные технические характеристики анализатора представлены в табл. 2.

Проанализируем процесс проворачивания коленчатого вала дизеля КАМАЗ-740 в условиях испытаний: температура окружающего воздуха t = 15 °C, относительная влажность 60 %. С помощью программы USB-осциллографа были получены кривые зависимостей значений силы стартерного тока, напряжения и частоты вращения коленчатого вала от времени. На рис. 1 дана кривая 1 пускового тока от двух разряженных АБ 6СТ-190А, включенных последова-

Технические характеристики анализатора ХИТ "МЕГА 001"

• •	
Параметр	Значение
Напряжение разомкнутой цепи, В	8,0—15,0
Омическая составляющая внутреннего сопротивления, мОм	0,5—300
Сила тока проворачивания коленчатого вала (стартерный режим разряда), А	1-2000
Температура на положительном зажиме ХИТ, °С	Минус 30-плюс 50
Относительная погрешность измерения, %	±1,0
Относительная погрешность измерения омической составляющей внутреннего сопротивления, $\%$	±5,0
Относительная погрешность измерения силы тока проворачивания коленчатого вала, $\%$	±10,0
Относительная погрешность измерения температуры, %	±2,0

Таблица 2

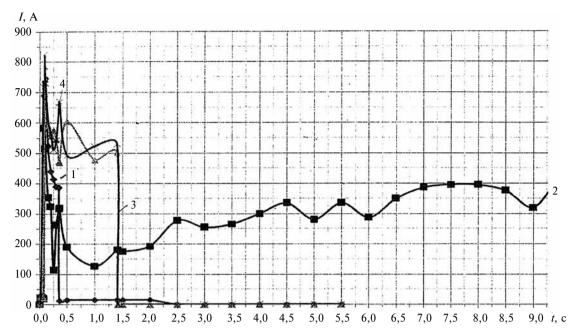


Рис. 1. Кривые изменения силы стартерного пуска:

1- АБ 6СТ-190А; 2- АБ 6СТ-190А и накопитель МНЭ-120/28; 3 и 4 — накопитель МНЭ-120/28, заряженный соответственно от зарядного устройства АБ 6СТ-190А

тельно. АБ были разряжены до 30 %. Максимальная сила пускового тока через 0,09 с достигла 689 А. Кривая 2 — изменение пускового тока при использовании комбинированного источника тока, включающего две разряженные АБ 6СТ-190А и молекулярный накопитель МНЭ-120/28, подключенный параллельно батареям. Накопитель МНЭ-120/28 был заряжен от этих аккумуляторных батарей до напряжения 23,4 В. Максималь-

ная сила стартерного тока не превысила 582 А. Кривые 3 и 4 (рис. 1) — изменение силы пускового тока при проворачивании коленчатого вала от накопителя МНЭ-120/28, заряженного от зарядного устройства и от двух АБ 6СТ-190А соответственно до напряжения 23,5 В. При этом видно, что кривые 3 и 4 имеют практически одинаковый вид.

На рис. 2 представлены кривые изменения величин напряжения при пуске двигателя. Видно,

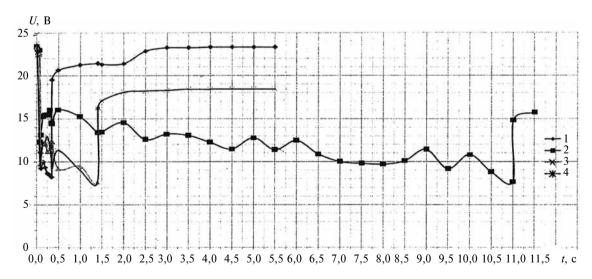


Рис. 2. Кривые изменения напряжения:

1- АБ 6СТ-190А; 2- АБ 6СТ-190А и накопитель МНЭ-120/28; 3 и 4- накопитель МНЭ-120/28, заряженный соответственно от зарядного устройства АБ 6СТ-190А

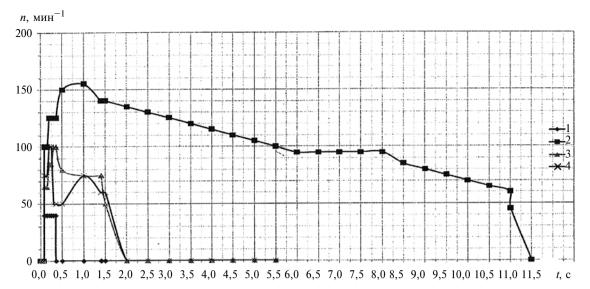


Рис. 3. Кривые изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя:

1 — АБ 6СТ-190А; 2 — АБ 6СТ-190А и МНЭ-120/28; 3 — МНЭ-120/28, заряженный от зарядного устройства; 4 — МНЭ-120/28, заряженный от АБ 6СТ-190А

что чем продолжительнее попытка пуска двигателя, тем соответственно больше затраты энергии, тем большее падение напряжения и продолжительнее время на восстановление источника тока.

Исходя из показанных кривых на рис. 3, видна эффективность комбинированного источника тока. Если разряженные батареи не смогли провернуть коленчатый вал с требуемой частотой (кривая 1), то в ком-

бинации с накопителем МНЭ пусковая частота вращения наблюдалась в течение 8 с (кривая 2). На рис. 4—6 представлены зависимости изменения стартерных характеристик при проворачивании коленчатого вала двигателя от накопителя МНЭ-120/28, заряженного до различных значений напряжений от зарядного устройства.

Максимальные значения всех характеристик были получены при заряде МНЭ

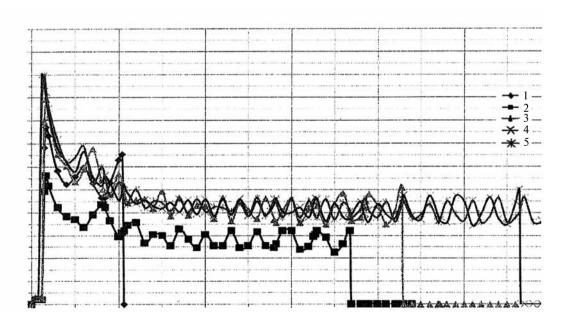


Рис. 4. Изменение значения силы стартерного тока при использовании накопителя МНЭ-120/28, заряженного до напряжения:

1 - 23.6 B; 2 - 24.5 B; 3 - 26.0 B; 4 - 28.0 B; 5 - 29.4 B

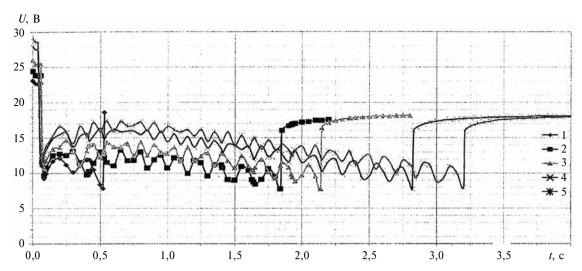


Рис. 5. Кривые изменения напряжения при использовании накопителя МНЭ-120/28, заряженного до напряжения:  $1-23.6~\mathrm{B}$ ;  $2-24.5~\mathrm{B}$ ;  $3-26.0~\mathrm{B}$ ;  $4-28.0~\mathrm{B}$ ;  $5-29.4~\mathrm{B}$ 

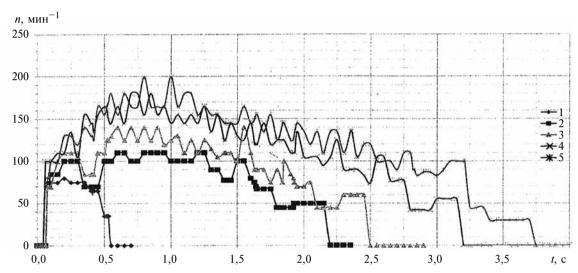


Рис. 6. Кривые изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя при использовании накопителя МНЭ-120/28, заряженного до напряжения:

$$1 - 23.6 \text{ B}$$
;  $2 - 24.5 \text{ B}$ ;  $3 - 26.0 \text{ B}$ ;  $4 - 28.0 \text{ B}$ ;  $5 - 29.4 \text{ B}$ 

до номинального и максимального значений напряжения. Максимальное значение силы стартерного тока получено после заряда МНЭ до напряжения U = 29,2 В и составило I = 1000 A, при этом максимальное падение напряжения достигло значения 11,62 B, а максимальная частота вращения коленчатого вала двигателя была равна 200 мин $^{-1}$ . Коленчатый вал двигателя вращается с частотой, превышающей минимальную пусковую (100 мин $^{-1}$ ), в течение 3,2 с.

Для сравнения при заряде МНЭ до напряжения 24,5 В были получены следующие результаты: максимальное значение силы стартерного тока составило I = 564 А, максимальное падение напряжения 9,69 В, а максимальная частота вращения ко-

ленчатого вала двигателя была равна  $110 \, \mathrm{muh}^{-1}$ . Коленчатый вал двигателя вращался с частотой, превышающей минимальную пусковую частоту вращения  $100 \, \mathrm{muh}^{-1}$ , в течение  $1,25 \, \mathrm{c}$ .

Анализируя полученные результаты можно сделать заключение, что применение МНЭ для СЭП ВАТ повышает электрические и эксплуатационные показатели источников тока. Причем эффективность использования МНЭ зависит от степени их заряженности.

В качестве рекомендаций предлагается при пуске ДВС нескольких автомобилей заряд МНЭ производить от генераторной установки пущенного двигателя, что обеспечит максимальный заряд МНЭ и разгрузит АБ от режима заряда МНЭ.

Непременным условием обеспечения требуемых показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов (ОГ) современных дизелей является дальнейшее совершенствование процессов распыливания топлива и смесеобразования. Для высокого качества смесеобразования необходимо обеспечить наиболее полный охват камеры сгорания (КС) струями распыливаемого топлива, требуемую мелкость распыливания, равномерное распределение капель топлива по объему воздушного заряда. При этом требуемые параметры топливных струй (их длина L, ширина B, угол раскрытия В) могут быть обеспечены путем оптимизации диаметра  $d_{\rm p}$  и длины  $l_{\rm p}$  распыливающих отверстий (рис. 1).

Возможность совершенствования процессов распыливания топлива и смесеобразования путем оптимизации длины распыливающих отверстий форсунок  $l_p$  подтверждается результатами экспериментальных исследований дизеля Д-245.12С, оснащенного распылителями НЗТА с различной длиной  $l_p$  распыливающих отверстий в штатном распылителе НЗТА серии 145.1112110 с наружным радиусом носка распылителя R=1,3 мм, а затем — до радиуса

Расчетные исследования процесса распыливания топлива в дизеле, оснащенном форсунками с различной длиной распыливающих отверстий

Представлена методика определения коэффициента расхода распылителей форсунок и расчета динамических характеристик струй распыливаемого топлива в дизеле, оснащенном форсунками с различной длиной распыливающих отверстий. Подтверждено влияние длины распыливающих отверстий на показатели процесса распыливания топлива.

**Ключевые слова:** дизель, процесс смесеобразования, форсунка, распылитель, длина распыливающих отверстий.

R=1,05 мм (рис. 2). В результате длина распыливающего отверстия  $l_{\rm p}=0,9$  мм в исходной комплектации № 1 была снижена до  $l_{\rm p}=0,7$  мм в комплектации № 2, а затем до  $l_{\rm p}=0,45$  мм в комплек-

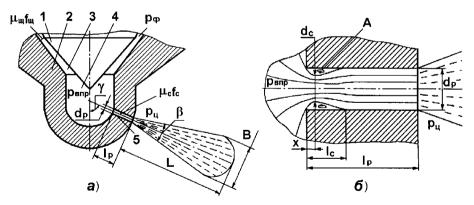


Рис. 1. Схема распылителя форсунки с геометрическими характеристиками струй топлива (а) и схема течения топлива по распыливающему отверстию форсунки (б):

1 — игла распылителя; 2 — корпус распылителя; 3 — щель; 4 — колодец; 5 — распыливающее отверстие;  $\mu_{\rm III}$  — эффективное сечение щели между запорными конусами иглы и седла;  $\mu_{\rm c} f_{\rm c}$  — эффективное сечение сопла

УДК 621.436 В. А. Марков, д-р техн. наук, МГТУ им. Н. Э. Баумана, С. Н. Девянин д-р техн. наук, МГАУ им. В. П. Горячкина, А. А. Зенин, асп., МГТУ им. Н. Э. Баумана, Е-mail: markov@power.

bmstu.ru

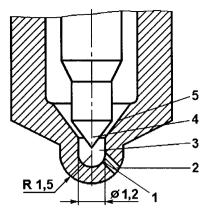


Рис. 2. Распылитель форсунки ФДМ-22:

1 — входная кромка распыливающего отверстия; 2 — распыливающее отверстие; 3 — колодец; 4 — игла; 5 — седло

тации № 3. При этом отношения  $l_{\rm p}/d_{\rm p}$  составили в распылителе № 1 2,81, в распылителе № 2 2,19, в распылителе № 3 1,41.

Результаты анализа указанных экспериментальных данных приведены в табл. 1 и на рис. 3 и

4. Они свидетельствуют о том, что длина распыливающих отверстий  $l_{\rm p}$  (отношение  $l_{\rm p}/d_{\rm p}$ ) заметно влияет на показатели топливной экономичности и токсичности ОГ. В частности, с сокращением длины распыливающих отверстий форсунки  $l_{\rm p}$  отмечено значительное уменьшение выбросов несгоревших углеводородов  $e_{\rm CH_x}$ . При уменьшении величины  $l_{\rm p}$  в диапазоне 0.90-0.45 мм выброс несгоревших углеводородов  $e_{\rm CH_x}$  снизился с 2.958 до 1.213 г/(кВт · ч), т. е. почти в 2.5 раза. Это объясняется сокращением длины струй распыливаемого топлива при снижении  $l_{\rm p}$  и уменьшением доли топлива, попадающего в холодные пристеночные слои КС, что и является причиной образования этого токсичного компонента ОГ.

Вместе с тем представленные в табл. 1 и на рис. 3 и 4 данные свидетельствуют о сложной противоречивой зависимости показателей топливной экономичности и токсичности ОГ от длины рас-

Таблица 1 Показатели дизеля Д-245.12, оснащенного распылителями H3TA с различной длиной распыливающих отверстий

	Значение показателей			
Показатели	$l_{\rm p} = 0.90 \text{ MM}$ $(l_{\rm p}/d_{\rm p} = 2.81)$	$l_{\rm p} = 0.70 \text{ mm}$ $(l_{\rm p}/d_{\rm p} = 2.19)$	$l_{\rm p} = 0.45 \ { m mm}$ $(l_{\rm p}/d_{\rm p} = 1.41)$	
Часовой расход топлива на номинальном режиме $G_{\mathrm{T}}$ , кг/ч	21,99	22,97	22,16	
Крутящий момент дизеля на номинальном режиме $M_{\rm e}$ , ${ m H}\cdot{ m m}$	327	329	325	
Удельный эффективный расход топлива на номинальном режиме $g_{\rm e}$ , г/(кВт · ч)	267,6	277,6	271,6	
Условный (средний) на режимах 12-ступенчатого цикла удельный эффективный расход топлива $g_{\rm e\ ycn},$ г/(кВт • ч)	268,3	262,7	261,6	
Дымность ОК $K_x$ , % по шкале Хартриджа на режиме:				
номинальном	35	35	42	
максимального крутящего момента	52	68	60	
Интегральные на режимах 13-ступенчатого цикла удельные массовые выбросы токсичных компонентов, г/(кВт·ч):				
оксидов азота $e_{{ m NO}_x}^{}$	6,439	5,775	5,995	
монооксида углерода $e_{ m CO}$	4,464	5,730	5,565	
несгоревших углеводородов $e_{\mathrm{CH}_x}$	2,958	1,767	1,213	



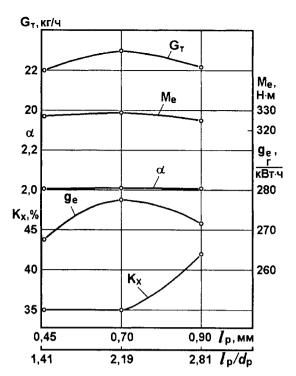


Рис. 3. Зависимость часового расхода топлива  $G_{\rm T}$ , эффективного крутящего момента  $M_{\rm e}$ , коэффициента избытка воздуха  $\alpha$ , удельного эффективного расхода топлива  $g_{\rm e}$ , эффективного КПД двигателя  $\eta_{\rm e}$  и дымости ОГ  $K_{\rm X}$  от длины распыливающего отверстия  $l_{\rm p}$  (отношения  $l_{\rm p}/d_{\rm p}$ ) на номинальном режиме при  $n=2400~{\rm Muh}^{-1}$ 

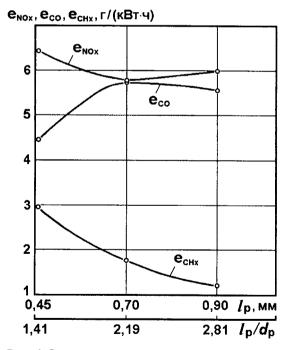


Рис. 4. Зависимость удельных массовых выбросов оксидов азота  ${\rm e_{NO}}_{\rm x}$ , монооксида углерода  ${\rm e_{CO}}$  и несгоревших углеводородов  ${\rm e_{CHx}}$  от длины распыливающего отверстия  $I_{\rm p}$  (отношения  $I_{\rm p}/d_{\rm p}$ ) на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла

пыливающих отверстий форсунки  $l_{\rm p}$ . Так, если при уменьшении длины  $l_{\rm p}$  эмиссия несгоревших углеводородов  $e_{{
m CH}_x}$  монотонно уменьшается, то удельный эффективный расход топлива  $g_e$  и выбросы монооксида углерода  $e_{{
m CO}}$  сначала увеличиваются, а затем начинают уменьшаться, т. е. характеристики  $g_e$  и  $e_{{
m CO}}$  имеют максимум при  $l_{
m p}=0,70$  мм. Характеристика выброса оксидов азота  $e_{{
m NO}_x}$ , напротив, имеет минимум при  $l_{
m p}=0,70$  мм. При этом с уменьшением  $l_{
m p}$  дымность ОГ  $K_x$  сначала не изменяется, а затем начинает возрастать.

Однако проведение экспериментальных исследований для определения необходимой длины распыливающих отверстий форсунок весьма трудоемко и не всегда возможно. Поэтому возникает необходимость в разработке методики расчетного определения длины распыливающих отверстий.

Эта методика должна содержать способ определения взаимосвязи длины распыливающих отверстий  $l_{\rm p}$  (или отношения  $l_{\rm p}/d_{\rm p}$ ) с коэффициентом расхода распыливателей форсунок  $\mu_{\rm p}$  и методику расчета динамики развития струй распыливаемого топлива в дизеле, оснащенном форсунками с различной длиной распыливающих отверстий.

При разработке указанных методик учитывалось, что изменение геометрических размеров проточной части распылителя форсунки обычно сопровождается изменением эффективной площади распылителя в сборе  $\mu_p f_p$ , которое в значительной степени определяется эффективной площадью распыливающих (сопловых) отверстий  $\mu_c f_c$  (см. рис. 1). Поскольку при изменении длины распыливающего отверстия  $l_p$  (или ее отношения к диаметру  $l_p/d_p$ ) площадь его поперечного сечения  $f_c$  не изменяется, то принимается, что изменение эффективной площади распыливающего отверстия  $\mu_c f_c$  в этом случае

происходит за счет изменения его коэффициента расхода  $\mu_c$ . При варьировании длиной распыливающих отверстий  $I_p$  именно изменение коэффициента расхода  $\mu_c$  и предопределяет изменение характеристик процесса распыливания топлива и смесеобразования.

Известен ряд соотношений, связывающих коэффициент расхода  $\mu$  с отношением длины круглого канала l к его диаметру d. Как правило, эти соотношения справедливы в определенном диапазоне изменения числа Рейнольдса Re, характеризующего течения жидкости в таком канале. Так, в работе [2] приведены следующие зависимости для коэффициентов расхода:

при Re < 71 l/d или  $Re_{T} \le 120 l/d$  (где  $Re_{T} = Re/\mu$ )

$$\mu = \sqrt{\left(\frac{15,2l}{d} + 6\right)^2 \frac{1}{\text{Re}_{_{\mathrm{T}}}^2} + 0,476} - \left(\frac{15,2l}{d} + 6\right) \frac{1}{\text{Re}_{_{\mathrm{T}}}}; (1)$$

при  $Re_{KD} > Re > 67 l/d$  или  $Re_{T} > 115 l/d$ 

$$\mu = \sqrt{\left(\frac{35l}{d} + 8.4\right)^2 \frac{1}{\text{Re}_{_{\mathrm{T}}}^2} + 0.67 - \left(\frac{35l}{d} + 8.4\right)^2 \frac{1}{\text{Re}_{_{\mathrm{T}}}}; (2)}$$

при  $Re \ge Re_{KD} = 2300$ 

$$\mu = \left[1,5 + 0.35l/\left(dRe_{T}^{0.25}\right)\right]^{-0.5}.$$
 (3)

Ограничивая погрешность определения коэффициента расхода  $\mu$  цилиндрического канала диаметром d и длиной l величиной 10 %, вместо

зависимостей (1)—(3) можно использовать две следующие зависимости [2]:

при 
$$l/d < 10$$

$$\mu = \frac{0.822}{(1 + 0.0057 l/d)[1 + (26 + 35 l/d)/Re_{_{\rm T}}]}; \quad (4)$$

$$\mu = \frac{0.822}{(1 + 0.0057l/d)[1 + (110 + 26.6l/d)/Re_{\pi}]}.$$
 (5)

Распыливающие отверстия форсунок транспортных дизелей выполняются с отношением  $l_{\rm p}/d_{\rm p} < 10$  (обычно  $l_{\rm p}/d_{\rm p} < 5$ ), и течение топлива в этих отверстиях происходит с числами Рейнольдса  ${\rm Re} \geqslant {\rm Re}_{\rm kp} = 2300$ . Поэтому для оценки коэффициента расхода  $\mu_{\rm c}$  распыливающих отверстий могут быть использованы выражения (3) и (4). Результаты расчетов коэффициента расхода  $\mu_{\rm c}$ , полученные по этим двум формулам, приведены в табл. 2. Различия рассчитанных по выражениям (3) и (4) значений  $\mu_{\rm c}$  не превышают 5 %.

Обычно эффективное проходное сечение многосоплового распылителя  $\mu_p f_p$  рассматривают как сумму двух последовательно соединенных сечений, одно из которых переменное, зависящее от положения иглы распылителя, эффективного сечения щели между запорными конусами иглы и седла  $\mu_{\rm m} f_{\rm m}$ , а второе — эффективное сечение распыливающих (сопловых) отверстий  $\mu_{\rm c} f_{\rm c}$  (см. рис. 4). Формулы для вычисления расходов топлива через эти проход-

Таблица 2 Расчетные значения коэффициента расхода  $\mu_c$ , полученные по выражениям (3) и (4)

D <sub>0</sub>	Отношение $l_{ m p}/d_{ m p}$					
Re <sub>T</sub>	1	2	3	4	5	
2 500	0,803/0,798	0,791/0,783	0,779/0,768	0,767/0,754	0,756/0,740	
4 000	0,805/0,805	0,794/0,794	0,783/0,783	0,772/0,772	0,762/0,761	
5 000	0,805/0,807	0,795/0,797	0,784/0,788	0,775/0,778	0,765/0,768	
8 000	0,807/0,811	0,797/0,803	0,788/0,795	0,779/0,787	0,770/0,780	
10 000	0,807/0,812	0,798/0,805	0,789/0,798	0,781/0,791	0,773/0,783	
16 000	0,808/0,814	0,800/0,808	0,792/0,802	0,785/0,795	0,777/0,789	
20 000	0,809/0,815	0,801/0,809	0,793/0,803	0,786/0,797	0,779/0,791	
32 000	0,809/0,816	0,803/0,810	0,796/0,805	0,789/0,800	0,783/0,794	
40 000	0,810/0,816	0,803/0,811	0,797/0,806	0,791/0,800	0,785/0,795	

 $\Pi$  р и м е ч а н и е: в числителе даны значения  $\mu_c$ , рассчитанные по выражению (3), в знаменателе — значения  $\mu_c$ , расситанные по выражению (4).

ные сечения можно записать в следующем виде [3]:

расход топлива через проходное сечение распылителя  $\mu_{\rm c}f_{\rm p}$ 

$$Q_{\rm p} = \mu_{\rm p} f_{\rm p} \sqrt{\frac{2}{\rho_{\rm T}} (p_{\rm \phi} - p_{\rm H})};$$
 (6)

расход топлива через проходное сечение щели между запорными конусами иглы и седла  $\mu_{\rm III} f_{\rm III}$ 

$$Q_{\rm III} = \mu_{\rm III} f_{\rm III} \sqrt{\frac{2}{\rho_{\rm T}} (p_{\rm th} - p_{\rm BHp})};$$
 (7)

расход топлива через проходное сечение распыливающих (сопловых) отверстий  $\mu_{\rm c} f_{\rm c}$ 

$$Q_{\rm c} = \mu_{\rm c} f_{\rm c} \sqrt{\frac{2}{\rho_{\rm T}} (p_{\rm B\Pi p} - p_{\rm II})}$$
 (8)

Следует учитывать, что эти расходы топлива через элементы распыливателя равны между собой ( $Q_{\rm p}=Q_{\rm III}=Q_{\rm c}$ ), а перепад давлений перед форсункой и в цилиндре двигателя ( $p_{\rm ф}-p_{\rm II}$ ) можно представить в виде суммы двух перепадов давлений — ( $p_{\rm ф}-p_{\rm BIIp}$ ) и ( $p_{\rm BIIp}-p_{\rm II}$ ), где  $p_{\rm BIIp}$  — давление перед распыливающими отверстиями. Тогда после объединения формул (6)—(8) можно получить выражение, отражающее взаимосвязь эффективных проходных сечений рассматриваемых элементов распылителя в виде

$$1/(\mu_{\rm p}f_{\rm p}) = 1/(\mu_{\rm III}f_{\rm III})^2 + 1/(\mu_{\rm c}f_{\rm c})^2.$$
 (9)

В выполненных конструкциях распылителей форсунок отношение площадей щели между запорными конусами иглы и седла  $f_{\rm III}$  и распыливающих отверстий  $f_{\rm C}$  при полном подъеме иглы обычно равно 1,3—1,5 [4, 5]. Тогда, принимая отношение квадратов площадей  $f_{\rm III}^2/f_{\rm C}^2\approx 2$  и коэффициент расхода  $\mu_{\rm III}\approx 1$ , из выражения (9) можно получить формулу для коэффици-

ента расхода распылителя µ<sub>р</sub> при полном подъеме иглы форсунки

$$\mu_{\rm p} = \frac{1}{\sqrt{0.5 + \left(1/\mu_{\rm c}^2\right)}} \,. \tag{10}$$

Результаты расчета коэффициента расхода распылителя в сборке  $\mu_p$  по формуле (10) с использованием выражения (3) для коэффициента расхода  $\mu_c$  распыливающих отверстий приведены на рис. 5.

Рассмотренные формулы справедливы для гидравлически гладких каналов, для которых шероховатостью поверхности канала пренебрегают. Обычно это каналы со сравнительно большим диаметром. Применительно к распылителям форсунок дизелей эти формулы могут быть использованы для гидрошлифованных распылителей. Но следует учитывать, что распыливающие отверстия форсунок имеют малый диаметр ( $d_p = 0,2-0,4$  мм), и в этих каналах шероховатость поверхности, как правило, оказывает заметное влияние на их гидравлические характеристики. Шероховатость поверхности канала характеризуется средней высотой выступов

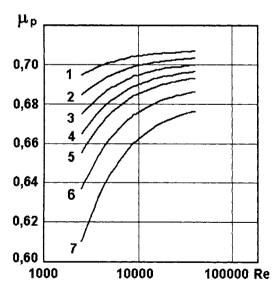


Рис. 5. Расчетная зависимость коэффициента расхода распылителя в сборе  $\mu_{\rm p}$  от числа Рейнольдса Re при различных значениях  $I_{\rm p}/d_{\rm p}$ :

$$1-1$$
;  $2-2$ ;  $3-3$ ;  $4-4$ ;  $5-5$ ;  $6-7$ ;  $7-10$ 

неровностей  $\Delta_{9}$ , называемой эквивалентной шероховатостью [6].

Течение топлива в круглом шероховатом канале диаметром d и длиной l, поступающего в канал из емкости большего объема, описывается уравнением [6]

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{\text{BX}} + \lambda \frac{l}{d}}},\tag{11}$$

где  $\xi_{\rm BX}$  — коэффициент местного сопротивления на входе в распыливающее отверстие;  $\lambda$  — коэффициент Дарси, или коэффициент гидравлического трения, зависящий от относительной шероховатости стенок канала  $\Delta_9/d$  и характеризующий потери напора при течении жидкости по протяженному каналу.

Формулы для определения коэффициента Дарси λ для шероховатых труб предложены многими авторами — Альтшулем, Блазиусом, Шифринсоном, Адамовым и др. [2, 6—8]. В частности, формулы Б. Л. Шифринсона и А. Д. Альтшуля имеют соответственно вид

$$\lambda = 0.11 \left(\frac{\Delta_9}{d}\right)^{0.25}; \lambda = 0.11 \left(\frac{\Delta_9}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0.25}.$$

Анализ этих формул и данных работы [2] позволил получить следующие зависимости для коэффициента Дарси  $\lambda$ :

при  $0,0025 \le \Delta_9/d \le 0,0100$ 

$$\lambda = 0.122 \left(\frac{\Delta_9}{d} - 0.001\right)^{0.25};\tag{12}$$

при  $0.0070 \le \Delta_3/d \le 0.0333$ 

$$\lambda = 0.15 \left(\frac{\Delta_9}{d} - 0.005\right)^{0.25}.$$
 (13)

Распыливающие отверстия форсунок обычно получают сверлением, при котором минимальная высота микронеровностей составляет  $\Delta_9 = 2-3$  мкм. Тогда при диаметре распыливающего отверстия d=0,3 мм отношение  $\Delta_9/d$  будет равно 0,01. Поэтому при дальнейших расчетах использовалась формула (13). Зависимость коэффициента Дарси  $\lambda$  от отношения  $\Delta_9/d$ , построенная с использованием выражения (13), представлена на рис. 6.

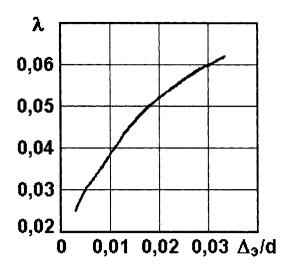


Рис. 6. Зависимость коэффициента Дарси  $\lambda$  от отношения эквивалентной шероховатости  $\Delta_{\mathfrak{g}}$  к диаметру распыливающего отверстия d

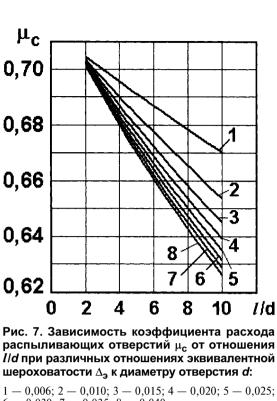
После подстановки выражения (13) в формулу (11) получено выражение для коэффициента расхода распыливающих отверстий  $\mu_c$  в виде

$$\mu_{\rm c} = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{\rm BX} + 0.15 \left(\frac{\Delta_9}{d} - 0.005\right)^{0.25} \frac{l}{d}}} \,. \tag{14}$$

Следует учитывать, что струя топлива на входе в распыливающее отверстие сначала сужается до диаметра  $d_{\rm c}$ , меньшего диаметра распыливающего отверстия  $d_{\rm p}$ , затем вновь расширяется и на расстоянии  $l_{\rm c}$  (соответствующем  $l/d \approx 1,5$  или  $l \approx 1,5d$ ) струя начинает занимать все сечение распыливающего отверстия (см. рис. 1) [1, 3]. Поэтому в уравнении (14) длину канала, на котором происходит потеря напора жидкости по длине канала, необходимо уменьшить на величину l/d = 1,5. Тогда уравнение (14) принимает вид

$$\mu_{\rm c} = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{\rm BX} + 0.15 \left(\frac{\Delta_{\rm 9}}{d} - 0.005\right)^{0.25} \left(\frac{l}{d} - 1.5\right)}} .(15)$$

При коэффициенте местного сопротивления на входе в распыливающее отверстие  $\xi_c=1$  по формуле (15) проведен расчет значений коэффициента расхода распыливающих отверстий  $\mu_c$ . Результаты расчета показаны на рис. 7.



распыливающих отверстий  $\mu_{c}$  от отношения I/d при различных отношениях эквивалентной шероховатости  $\Delta_3$  к диаметру отверстия d:

0,70

0,68

0,66

0,64

0,62

1 - 0,006; 2 - 0,010; 3 - 0,015; 4 - 0,020; 5 - 0,025; 6 - 0,030; 7 - 0,035; 8 - 0,040

При расчете коэффициента расхода распыливающих отверстий  $\mu_c$  принято. что местное сопротивление на входе потока топлива в распыливающее отверстие аналогично местному сопротивлению при входе потока жидкости из емкости большого объема в канал круглого сечения. При этом коэффициент местного сопротивления принят равным  $\xi_{\rm BX} = 0.5$  [7, 8]. После сопоставления результатов расчета значений µ<sub>с</sub> по формуле (15) с экспериментально полученными значениями  $\mu_c$  [3] для распыливающих отверстий форсунок дизелей (рис. 8, кривая 4) формула (15) принимает окончательный вид

$$\mu_{c} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0.5 + 0.4 \left(\frac{\Delta_{9}}{d} - 0.005\right)^{0.25} \left(\frac{l}{d} - 1.5\right)}}.(16)$$

Результаты расчета коэффициента расхода µс распыливающих отверстий по выражению (16) представлены на рис. 8 (кривая 1).

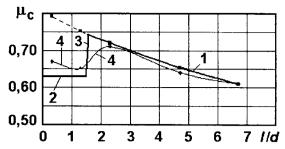


Рис. 8. Зависимость коэффициента расхода распыливающих отверстий  $\mu_{c}$  от отношения

1 и 2 — рассчитанная по формулам (16) и (17); 3 характеристика перехода от участка 2 к участку 1; 4 экспериментально полученная [3]

При малой длине распыливающего отверстия (при  $l_p \le l_c$ , см. рис. 1, б) струя топлива на входе в канал сужается до диаметра  $d_{\rm c} \le d_{\rm p}$ , и далее струя распространяется в КС с этим минимальным диаметром. Такое течение топлива аналогично истечению жидкости из резервуара с тонкой стенкой. Известно несколько формул для определения коэффициента расхода жидкости через отверстие в тонкой стенке. При числах Рейнольдса 10 000 < Re < 100 000 может быть использовано следующее выражение [7]

$$\mu_{\rm c} = 0.59 + \frac{5.5}{\sqrt{Re_{\rm T}}} \,. \tag{17}$$

В двигателе Д-245.12С, работающем на номинальном режиме с частотой вращения  $n = 2400 \,\mathrm{Muh}^{-1}$  и цикловой подачей топлива  $q_{\rm II} = 80\,{\rm mm}^3$ , при продолжительности впрыскивания  $\phi_{B\Pi D} = 16^{\circ}$  угла поворота коленчатого вала (п.к.в.), средний объемный расход топлива через одно распыливающее отверстие диаметром  $d_{\rm p} = 0.32$  мм составляет  $Q = 13,6 \cdot 10 \text{ м}^3/\text{c}$ , средняя скорость течения топлива — около V = 260 м/с, а число Рейнольдса  $\text{Re} = Vd_{\text{p}}/v = (260 \text{ м/c} \cdot 0.34 \cdot 10^{-3} \text{ м})/v$  $/(3.8 \cdot 10^{-6} \,\mathrm{m}^2/\mathrm{c}) \approx 23\,000$ . Тогда при длине распыливающего отверстия, соответствующей неравенству 0 < l/d < 1,5 (или 0 < l < 1,5d), течение топлива будет аналогичное истечению жидкости из резервуара с тонкой стенкой. При этом коэффициент расхода распыливающего отверстия, определенный по формуле (17), будет равен  $\mu_c \approx 0.63 =$  = const (см. линию 2 на рис. 8). При  $l/d \approx 1.5$  линия скачкообразно (по линии 3) переходит в кривую расхода  $\mu_c$ , полученную по уравнению (16) для протяженного распыливающего отверстия (кривая 1). Полученная для коэффициента расхода  $\mu_c$  распыливающего отверстия расчетная характеристика 1-2-3 (рис. 8) хорошо согласуется с экспериментально полученной расчетной характеристикой (кривая 4 на рис. 8) [3].

Использование характеристики 1-2-3 (рис. 8) для коэффициента расхода µ<sub>с</sub> распыливающего отверстия и формулы (10) для коэффициента расхода распылителя  $\mu_{\text{p}}$  при полном подъеме иглы форсунки позволило определить значения µ<sub>n</sub> для рассмотренных выше (см. рис. 2) распылителей НЗТА типа 145.1112110 с различной длиной  $l_{\rm p}$ распыливающих отверстий (см. табл. 1): с  $l_{\rm p} = 0.90\,{
m mm}\,(l_{\rm p}/d_{\rm p} = 2.81), l_{\rm p} = 0.7\,{
m mm}\,(l_{\rm p}/d_{\rm p} = 2.19)$ и  $l_{\rm p} = 0.45$  мм ( $l_{\rm p}/d_{\rm p} = 1.41$ ). В соответствии с рис. 8 значения  $\mu_c$  оказались равны 0,71; 0,73 и 0,63 соответственно для распылителей с  $l_{\rm p}/d_{\rm p}=2.81$ ; 2,19 и 1,41. В соответствии с формулой (10) значения  $\mu_{\rm p}$  оказались равны 0,63; 0,65 и 0,58 соответственно для распылителей с  $l_{\rm p}/d_{\rm p}$  равным 2,81; 2,19 и 1,41. При использовании распылителей НЗТА типа 145.1112110 с пятью распыливающими отверстиями соответствующая суммарная эффективная площадь распылителя в сборе  $\mu_{\rm p} f_{\rm p}$ , для указанных значений  $l_{\rm p}/d_{\rm p}$  будет равна 0,286; 0,295 и 0,263 мм<sup>2</sup>.

Полученные значения коэффициентов расхода  $\mu_{\rm c}$ ,  $\mu_{\rm p}$  и суммарная эффективная площадь распылителя в сборе  $\mu_{\rm p}f_{\rm p}$  позволяют рассчитать динамику развития струй распыливаемого топлива в дизелях с использованием математической модели динамики развития струй распыливаемого топлива [1]. Эта модель развития струи, созданная на основе закона сохранения импульса, учитывает действительный закон подачи топлива и отражает влияние следующих основных факторов: времени процесса t, плотности воздуха  $\rho_{\rm B}$ , диаметра распыливающего отверстия  $d_{\rm p}$ , давления впрыскивания  $p_{\rm BID}$ .

Указанная математическая модель динамики развития струй топлива использована для прове-

дения расчетных исследований процессов распыливания топлива системой топливоподачи транспортного дизеля типа Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5). Указанный дизель выпускается Минским моторным заводом (ММЗ) для малотоннажных грузовых автомобилей ЗИЛ-5301 "Бычок", а его модификации — для автобусов Павловского автомобильного завода (ПАЗ) и тракторов "Беларусь" Минского тракторного завода (МТЗ).

Расчеты проводились для номинального режима работы дизеля с частотой вращения  $n=2400~\mathrm{Muh}^{-1}$  и цикловой подачей  $q_{\mathrm{ц}}=80~\mathrm{mm}^3$ . При этом исследовалось влияние отношения длины распыливающих отверстий  $l_{\mathrm{p}}$  к их диаметру  $d_{\mathrm{p}}$  на дальнобойность струй распыливаемого топлива.

Предварительно была проведена оценка влияния диаметра распыливающих отверстий  $d_{\rm p}$  на динамику развития струй распыливаемого топлива. Результаты этих исследований, представленные на рис. 9, свидетельствуют от том, что использование распылителей с диаметром распыливающих отверстий  $d_{\rm p}$  от 0,32 до 0,38 мм практически не влияет на дальнобойность струй распыливаемого топлива (на их длину L). Таким образом, можно сделать вывод о том, что влияние отношения  $l_{\rm p}/d_{\rm p}$  на динамику развития струй распыливаемого топлива обусловлено почти исключительно влиянием на эту динамику длины распыливающего отверстия  $l_{\rm p}$ .

Следует учитывать, что при изменении длины распыливающих отверстий  $l_{\rm p}$  изменяется суммар-

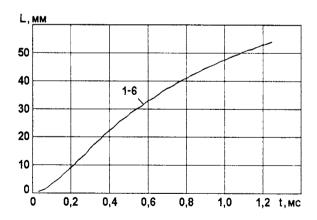


Рис. 9. Зависимость длины струй топлива от диаметра распыливающих отверстий при постоянстве цикловой подачи и закона подачи топлива:

$$1-d_{\rm p}=0,\!32$$
 мм;  $2-d_{\rm p}=0,\!34$  мм;  $3-d_{\rm p}=0,\!35$  мм;  $4-d_{\rm p}=0,\!36$  мм;  $5-d_{\rm p}=0,\!37$  мм;  $6-d_{\rm p}=0,\!38$  мм

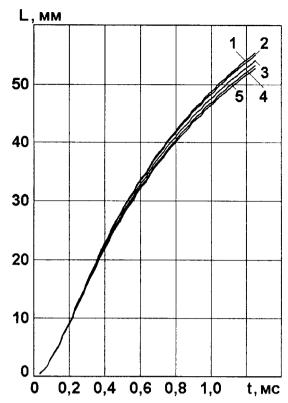


Рис. 10. Зависимость длины L струй распыливаемого топлива от суммарной эффективной площади распылителя в сборе  $\mu_{\rm p}f_{\rm p}$  при  $q_{\rm u}$  = var:

 $1-1=0,31\ {\rm mm}^2;\ 2-0,30\ {\rm mm}^2;\ 3-0,28\ {\rm mm}^2;\ 4-0,26\ {\rm mm}^2;\ 5-0,25\ {\rm mm}^2$ 

ная эффективная площадь распылителя в сборе  $\mu_{\rm p}f_{\rm p}$ , и, как следствие, цикловая подача топлива  $q_{\rm ц}$ . Поэтому на первом этапе расчетных исследований проведены расчеты дальнобойности струй распыливаемого топлива с изменяемыми цикловыми подачами топлива  $(q_{\rm ц}={\rm var})$ , вызванными варьированием отношения  $l_{\rm p}/d_{\rm p}$ . Результаты этих исследований даны на рис. 10.

Как следует из приведенных на рис. 10 данных с увеличением суммарной эффективной площади распылителя в сборе  $\mu_p f_p$  длина струй распыливаемого топлива увеличивается. При этом важно, чтобы за период задержки воспламенения (ПЗВ)  $\tau_i$  длина струй распыливаемого топлива не превысила расстояния от распыливающих отверстий до стенок КС. При это обеспечивается преимущественно объемное смесеобразование с достаочно высо-

кой топливной экономичностью [5]. Для исследуемого дизеля Д-245.12С, работающего на номинальном режиме, расчетный ПЗВ  $\tau_i = 0.6$  мс. На основании данных рис. 10 построена зависимость длины струи распыливаемого топлива  $L_{\tau i}$ , достигнутой за ПЗВ (т. е. за время t=0.6 мс), от суммарной эффективной площади распылителя в сборе  $\mu_{\rm p} f_{\rm p}$  (рис. 11).

Совместный анализ данных на рис. 10 по длине струй  $L_{\tau i}$  и геометрии КС дизеля Д-245.12С (см. рис. 12) показывает, что величина  $L_{\tau i}$  заметно превышает расстояние от распыливающих отверстий до стенок КС, что свидетельствует о попадании значительной доли топлива на стенки КС и реализации объемно-пленочного смесеобразования.

Но следует отметить, что при изменении длины распыливающих отверстий  $l_{\rm p}$ изменяются суммарная эффективная площадь распылителя в сборе  $\mu_{\rm p}f_{\rm p}$ , и цикловая подача топлива  $q_{\rm II}$ . В этом случае для обеспечения требуемой цикловой подачи топлива (в дизеле Д-245.12С, работающем на номинальном режиме  $q_{II} = 80 \text{ мм}^3$ ) необходимо отрегулировать упор максимальной подачи топлива. Этим достигается постоянство цикловой подачи топлива  $q_{\rm II} = 80~{\rm mm}^3 = {\rm const}$  независимо от отношения  $l_{\rm p}/d_{\rm p}$ . Поэтому на втором этапе расчетных исследований проведены расчеты дальнобойности струй распы-

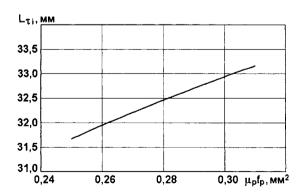


Рис. 11. Зависимость длины струи распыливаемого топлива за период задержки воспламенения от суммарной эффективной площади распылителя в сборе

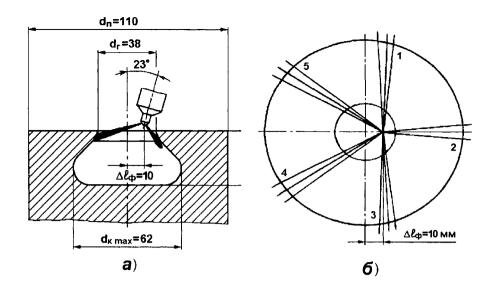


Рис. 12. КС дизеля Д-245.12С со схемой расположения форсунки (а) и ориентация струй распыливаемого топлива в КС (б):

1—5 — номера струй распыливаемого топлива

ливаемого топлива с постоянной цикловой подачей топлива  $q_{\rm ц}=80~{\rm mm}^3={\rm const}$  и варьировании отношения  $l_{\rm p}/d_{\rm p}$ . Результаты этих исследований представлены на рис. 13.

Анализ данных рис. 13 показывает, что при обеспечении постоянства величины  $q_{\rm ц}$  зависимость длины струй распыливаемого топлива L от суммарной эффективной площади распылителя в сборе  $\mu_{\rm p}f_{\rm p}$  становится обратно пропорциональной: с увеличением  $\mu_{\rm p}f_{\rm p}$  длина струй распыливаемого топлива уменьшается. Такой характер взаимосвязи отношения  $l_{\rm p}/d_{\rm p}$  и длины струй распыливаемого топлива подтверждает возможность сокращения длины струй распыливаемого топлива

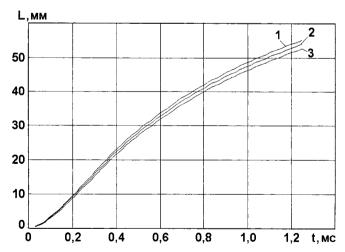


Рис. 13. Зависимость длины струй распыливаемого топлива от суммарной эффективной площади распылителя в сборе  $\mu_{\rm D} f_{\rm D}$  при  $q_{\rm L}$  = const:

 $1-0.263~{\rm mm}^2~(l_{\rm p}d_{\rm p}=1.41); 2-0.286~{\rm mm}^2~(l_{\rm p}d_{\rm p}=2.81); 3-0.295~{\rm mm}^2~(l_{\rm p}d_{\rm p}=2.19)$ 

при увеличении проходного сечения распылителя  $\mu_p f_p$  за счет уменьшения длины распыливающего канала  $l_p$ . Таким способом может быть обеспечено лучшее согласование длины струй распыливаемого топлива с геометрическими размерами КС, улучшение показателей топливной экономичности и токсичности ОГ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Марков, В. А. Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях / [Текст] В. А. Марков, С. Н. Девянин, В. И. Мальчук. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. 360 с.
- 2. **Курганов, А. М.** Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации [Текст] / А. М. Курганов, Н. . Федоров. Л.: Стройиздат, 1978. 424 с.
- 3. **Трусов, В. И.** Форсунки автотракторных дизелей [Текст] / В. И. Трусов, В. П. Дмитриенко, Г. Д. Масляный. М.: Машиностроение, 1977. 167 с.
- Конструирование и производство топливной аппаратуры тракторных дизелей [Текст] / В. Г. Кислов, Э. И. Кошман, В. Я. Попов и др. М.: Машиностроение, 1971. 302 с.
- 5. **Файнлейб, Б. Н.** Топливная аппаратура автотракторных дизелей: справочник [Текст] / Б. Н. Файнлейб. Л.: Машиностроение, 1990. 352 с.
- 6. **Штеренлихт,** Д. В. Гидравлика: учебник для вузов [Текст] / Д. В. Штеренлихт. М.: Энергоатомиздат, 1984. 640 с.
- Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям: Под ред. М. О. Штейнберга [Текст] / И. Е. Идельчик. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.
- 8. **Чугаев**, **Р. Р.** Гидравлика [Текст] / Р. Р. Чугаев. Л.: Энергоиздат, 1982. 672 с.

Рассматривая основные тенденции, характерные для российского рынка высоких технологий, можно отметить следующие факты.

За годы реформ расходы на научные исследования в России сократились более чем пятикратно. Россия сегодня тратит на науку в семь раз меньше, чем Япония, и в семнадцать раз меньше, чем США. Более чем вдвое сократилось количество исследователей.

Промышленный комплекс России находится в сложной ситуации. Средний возраст работников предприятий превышает 50 лет. Износ основных фондов достигает в некоторых отраслях 50-75%. При этом срок эксплуатации оборудования превышает 20 лет при максимально эффективной норме эксплуатации 10 лет. Новое оборудование почти все импортируется из-за рубежа. Относительно современный уровень техники сохраняется в основном в высокотехнологичных отраслях: ядерная энергетика, ракетно-космическая отрасль, авиастроение. В других отраслях произошел серьезный спад, в частности, в станкостроении и электронной промышленности.

По уровню развития технологий наша страна откатилась, по самым скромным оценкам, на 15—20 лет назад. Что касается некоторых интегральных параметров, то вклад научно-технического фактора в прирост ВВП составляет менее 10%, а доля машиностроительной продукции в экспорте — чуть больше 5%.

Несмотря на значительные инвестиции в образование, науку и инновации, предпринятые в последние годы, Россия по-прежнему заметно отстает от мировых лидеров по основным показателям, определяющим уровень научно-технического развития. Доля России на мировом рынке наукоемкой продукции составляет около 0,3—0,5%, в то время как доля США—36%, Японии—30%, Германии—

# Положение России на мировом рынке высоких технологий

Ввиду растущей значимости высокотехнологичных рынков передовые страны сегодня делают ставку на развитие инновационной экономики. Россия в последние годы откатилась по уровню технологического развития на 10—15 лет назад, что создает угрозу для ее национальной безопасности. Перспективными для страны могут стать рынки тонких химических технологий, наноматериалы, легкая гражданская авиация, ядерные реакторы на быстрых нейтронах, дешевые военные технологии. Однако промедление в развитии высоких технологий будет приводить к росту отставания нашей страны от развитых рынков.

**Ключевые слова:** научно-технический комплекс России, высокотехнологичная продукция, высокотехнологичный экспорт, высокотехнологичный импорт

17%. Если Россия уйдет с рынков высоких технологий со своими 6-9 млрд долл., то этого никто не заметит. Доля инновационно активных предприятий (в 2007 г. -9,4%) в несколько раз ниже, чем в развитых странах. В Германии она составляет 73%, в Ирландии -61%, Бельгии -58%, Эстонии -47%, Чехии -41%. Результаты инновационного процесса характеризуются неэффективностью, например, доля высокотехнологичной продукции в экспорте составляет 4-5%, в то время как для Китая этот показатель превышает 22%, Южной Кореи -38%, Венгрии -25%.

Структура затрат на исследования и разработки России по источникам финансирования и социально-экономическим целям в некотором смысле "уникальна". Спрос на научно-техническую продукцию создается преимущественно государством, которое компенсирует низкую инвестиционную активность бизнеса, а также недостаточную эффективность налоговых, законодательных и других инструментов поддержки научной и инновационной деятельности. В отличие от стран с развитой рыночной экономикой, где 60—75 % расходов на науку поступает из частного сектора, соизмеримые "проценты" в России обеспечиваются бюджетом.

# УДК 330 А. А. Березина, асп., Финансовая Академия при Правительстве РФ, Кафедра "Мировая экономика и международный бизнес" E-mail: alito@bk,ru

И зависимость науки от государственного финансирования в последние годы только возрастает.

В развитых странах доля высокотехнологичных отраслей, предъявляющих повышенный спрос на знания, составляет в среднем 30—35 % ВВП, в России этот показатель — только 12 %.

Отличительная черта российской торговли технологиями — это преобладание неохранноспособных видов интеллектуальной собственности, которые значительно менее ценны с коммерческой точки зрения. В экспорте технологий преобладают инжиниринговые услуги (36,4%) и результаты исследований и разработок, не защищенные патентными соглашениями (34,3 %). На долю соглашений, предметом которых были охраняемые объекты промышленной собственности, в 2006 г. проходилось всего 2,5 % экспорта, в то время как в структуре импорта — 42,8 %. В итоге средняя стоимость предмета импортного соглашения по технологиям в 1,7 раза превышала среднюю стоимость экспортного соглашения, а это можно расценивать как признак неэффективности торговли технологиями и усиления технологической зависимости государства от зарубежных стран. Причем эта зависимость, возникшая в период кризиса, сохранилась и возросла при подъеме национальной экономики.

В 2006 г. как в продажах, так и в закупках преобладающее место занимали инжиниринговые услуги (соответственно 39 и 61 %), в то время как на долю более совершенных видов технологий (патенты, лицензии, ноу-хау, промышленные образцы) в закупках приходилась лишь 4,4 %, а в продажах и того меньше — 1,2 %.

Большое число высокотехнологичных разработок, включая выполненные с привлечением средств федерального бюджета, передаются за рубеж на условиях, которые наносят ущерб национальной экономике. Одновременно часто заключаются договоры на закупку технологий с невысоким техническим уровнем, нарушением экологических нормативов, предоставлением зарубежным лицензиарам преимуществ, противоречащих антимонопольному законодательству.

Низкий спрос на российские охраняемые объекты интеллектуальной собственности со стороны промышленно развитых стран объясняется в основном двумя причинами:

1) отсутствием отлаженной системы передачи технологий от разработчиков в реальный сектор экономики;

2) полуфабрикатным состоянием самих технологий, так как большую часть потенциальных предметов сделок составляют разработки, находящиеся на стадии технического решения.

Серьезными недостатками подобных технологий являются дополнительные расходы для покупателя по внедрению технологий в производство, высокий риск и отсутствие гарантий обеспечения заданных технико-экономических характеристик объектов соглашений в производственных условиях.

Низкая степень участия России в международном научно-технологическом обмене отчасти вызвана настороженным отношением западных инвесторов к развитию в России высокотехнологичных производств, что связано с их стремлением сохранить нашу страну как поставщика топливно-сырьевых ресурсов и емкого рынка для собственной промышленной продукции, не создавая здесь потенциального конкурента на международном рынке. Поэтому иностранные инвестиции в технологии преимущественно поступают в нефте- и газодобычу, торговлю, пивоваренную и табачную промышленность и сферу услуг, где они быстро окупаются. В результате этого возник специфический "российский феномен": вывоз необработанного сырья приносит стране больший экономический эффект, чем при каждом последующем переделе, в отличие от практики большинства развитых стран. По подсчетам специалистов Россия ежегодно теряет не менее 3 млрд долл. из-за слабого внедрения технологических новшеств.

Незначительная доля высокотехнологичного экспорта в его общем объеме подчеркивает сырьевую ориентацию российской экономики и низкую конкурентоспособность отечественных предприятий на мировом рынке наукоемкой продукции. В 1998 г. доля эта составляла 3,4 %, а в 2007 г. — всего 1,6 %, т. е. сократилась более чем вдвое. В то же время удельный вес сырья и материалов достиг 80 %. По сравнению с другими развитыми государствами эта величина не дотягивает до уровня Польши и стран Прибалтики и в десятки раз меньше уровня промышленно развитых стран — Ирландии (29 %), Китая (28,2 %), США (26,1 %) и др.

В течение длительного периода советский промышленный комплекс поддерживал военную специализацию, что и сказалось на структуре производства высокотехнологичных товаров. С большим отрывом преобладает продукция химической

промышленности и тяжелого машиностроения — неэлектрические машины и авиатехника. Тонкие технологии такие, как электроника, компьютеры и фармацевтика, в совокупности составляют лишь 11,8 % высокотехнологичного экспорта. В 1998 г. общий вес этих трех групп превышал 15 %.

Однако стоит отметить, что по некоторым видам высокотехнологичных разработок уровень России соответствует мировому, а в отдельных областях Россия лидирует:

- технологии производства программного обеспечения;
- технология создания биосовместимых материалов;
- технология создания мембран и каталитических систем;
  - технология биоинженерии;
- биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии;

- технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы;
- технологии оценки ресурсов и прогнозирования состояния литосферы и биосферы;
- технологии водородной энергетики;
- технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработанным ядерным топливом.

Эффективное решение проблем, которые стоят перед российскими экспортерами высокотехнологичной продукции, может быть обеспечено при направлении в НИОКР 0,3—0,35 % объема ВВП, что в настоящее время составило бы от 1 до 1,5 млн долл. США.

По материалам конференции 11-го Международного форума "Высокие технологии XXI века"

### В Индию за новыми заказами

20 декабря генеральный директор ОАО "КАМАЗ" Сергей Когогин принял участие в IV Российско-Индийском форуме по торговле и инвестициям, который состоялся в Нью-Дели.

Первый руководитель "КАМАЗа" вошел в состав правительственной делегации России, направившейся в Индию в рамках официального визита Президента РФ Дмитрия Медведева.

"КАМАЗ" намерен расширять свою внешнеэкономическую деятельность, в том числе за счет более активного освоения рынков дальнего зарубежья. Соответствующее заявление об этом генеральный директор "КАМАЗа" сделал недавно в своем интервью телеканалу "Россия 24".

Емкий, быстро растущий и чрезвычайно перспективный автомобильный рынок Индии стал для "КАМАЗа" одним из наиболее приоритетных. В феврале 2010 г. начало работу совместное индийско-российское предприятие "КАМАЗ ВЕКТРА МОТОРЗ ЛИМИТЕД". На производственной базе индийской группы компаний "Вектра" в городе Хосур штата Тамил-Над налажена сборка автомобилей КАМАЗ. В настоящий момент на СП с проектной мощностью до 5 тыс. автомобилей в год производятся автомобили КАМАЗ-6540 с правосторонним расположением руля. Сформированы торговая региональная, дилерская и сервисная сети, покрывающие 80 % территории страны.

Надо отметить беспрецедентно высокий уровень локализации производства и закупки агрегатов отечественного производства на этом СП. Индийские автомобили КАМАЗ на 71 % состоят из местных комплектующих. В ближайшей перспективе планируется освоить выпуск магистральных тягачей КАМАЗ-5460. Этот принципиально новый модернизированный автомобиль также будет собран с высокой долей индийских компонентов. Начало промышленной сборки дальнобойщиков намечено на 2011 г.

"КАМАЗ" в тесном сотрудничестве с группой компаний "Вектра" входит в динамично развивающиеся сегменты автомобильного рынка Индии. Здесь пока ни европейские, ни азиатские компании не могут предложить доступный по цене и в то же время качественный товар. Индийские производители предлагают свой товар существенно дешевле, однако могут предложить в большинстве своем автомобили невысокой грузоподъемности и малой мощности. Последние тенденции на рынке Индии показывают, что зарождается новый крупный сегмент тяжелых, в том числе многоосных грузовых автомобилей, на которые в ближайшие два-три года ожидается существенный рост заказов. Именно в этом сегменте КАМАЗ предлагает для потребителя мощные, но умеренные по цене грузовые автомобили, которые пользуются все большим спросом на индийском рынке.

39

(Департамент по связям с общественностью ОАО "КАМАЗ")

### УДК 621.9.06 А. Д. Назаров, д-р техн. наук, проф., Munaz Incorporated (г. Мемфис,

тел.1-901-605-57-50

США),

Компенсация увеличения массы деталей КШМ двигателей V-8 при их производстве и ремонте

Рост массы деталей КШМ, наблюдаемый при их усовершенствовании и использовании этих деталей ремонтных размеров, можно компенсировать увеличением массогеометрических параметров противовесов, расположенных на продолжении 1, 3, 6 и 8-й щек коленчатого вала. Расчет необходимого приращения этих параметров производят по предложенным формулам. Применение разработанного способа полностью уравновешивает исследуемые двигатели и позволяет балансировать их коленчатый вал и вал в сборе.

**Ключевые слова:** детали КШМ, неуравновешенная масса, компенсация, противовесы, массогеометрические параметры, уравновешенность.

Двигатели V-8 чаще всего уравновешивают путем установки противовесов на продолжении 1, 2, 3, 6, 7 и 8-й щек коленчатого вала [1, 2]. В процессе проектирования и изготовления двигателей необходимо обеспечение равенства

$$\overline{\mathbf{M}}_{\mathrm{BO}} = -\overline{\mathbf{M}}_{R\mathrm{O}},\tag{1}$$

где  $M_{BO}$  — суммарный момент, вызываемый центробежными силами инерции от противовесов при первоначальном проектировании коленчатого вала двигателей V-8;  $M_{RO}$  — свободный суммарный неуравновешенный момент, действующий в двигателях V-8 [1, 2].

Значение  $M_{Ro}$  определяется суммарной массой шатунной шейки, пробок грязесборника в ней, смазочного масла в нем и неуравновешенных частей щек коленчатого вала, а также деталей КШМ, предусмотренных для использова-

ния в двигателях во время их первоначального проектирования [1, 2].

Использование в двигателях V-8 ремонтных, конструктивно и технологически усовершенствованных деталей КШМ увеличивает значение упомянутого свободного суммарного неуравновешенного момента, которое в данном случае составляет

$$M_R = rl_2\omega^2 [(3m_{\rm BH} + m_1 + 3\Delta m_{\rm y})^2 + (m_{\rm BH} + m_2 + \Delta m_{\rm y})^2]^{0.5},$$
(2)

где r — радиус кривошипа;  $l_2$  — расстояние между серединами соседних шатунных шеек;  $\omega$  — угловая скорость коленчатого вала;  $m_{\rm BH}$  — суммарная масса вращающихся и поступательно движущихся деталей КШМ, приведенная к оси шатунной шейки [1];  $m_1$  и  $m_2$  — постоянные массы;  $\Delta m_y$  — суммарная неуравновешенная масса (СНМ), появляющаяся при установке в двигатели усовершенствованных и ремонтных деталей КШМ [1—3].

Угол действия рассматриваемого момента

$$tg\alpha_R = (m_{BII} + m_2 + \Delta m_y) \times 
\times (3m_{BII} + m_1 + 3\Delta m_y)^{-1}.$$
(3)

Значения масс  $m_1$  и  $m_2$  определяются приведенными к оси шатунной шейки массами этой шейки, пробок грязесборника в ней, смазочного масла в нем и соответственно неуравновешенных частей 1, 2, 7 и 3—6-й шек коленчатого вала.

В случае, когда приведенные к оси шатунной шейки массы неуравновешенных частей всех щек одинаковы, имеем

$$m_0 = m_1 = m_2. (4)$$



Принимая во внимание положения работ [1, 2] и соотношения (4), из уравнений (2) и (3) получим

$$M_R = 3.162 r l_2 \omega^2 (m_c + \Delta m_v);$$
 (5)

$$tg\alpha_R = tg\alpha_{Ro} = 1/3; \alpha_R = \alpha_{Ro} = 18^{\circ}26', (6)$$

где  $m_{\rm c}$  — масса, имеющая для конкретных моделей двигателей постоянное значение;  $\omega$  — угловая скорость коленчатого вала.

Указанную массу определяют по выражению

$$m_{\rm c} = m_{\rm BH} + m_0.$$
 (7)

Увеличение свободного суммарного неуравновешенного момента из-за применения в двигателях V-8 усовершенствованных и ремонтных деталей КШМ при обоих вариантах сочетаний значений масс  $m_1$  и  $m_2$  [4]

$$\Delta M_R = 3{,}162rl_2\omega^2\Delta m_{\rm v}.$$
 (8)

Для уравновешивания дополнительного момента  $\Delta M_R$  необходимо увеличить массу  $m_{\mathrm{B}i}$  противовесов и расстояние от ее центра тяжести до оси вращения  $\rho_i$  на  $\Delta m_{\rm B}i$  и  $\Delta \rho_i$  соответственно. Это достигается увеличением наружного радиуса отдельных или всех противовесов. Обычно радиус для всех противовесов коленчатого вала двигателей имеет одинаковое значение. При этом могут быть различные варианты. Ниже рассмотрен случай, когда рост массы деталей КШМ компенсируют увеличением массогеометрических параметров (МГП) противовесов, расположенных на продолжении 1, 3, 6 и 8-й щек коленчатого вала. В общем случае для данного варианта суммарный момент центробежных сил инерции, вызываемый противовесами, и угол его действия рассчитывают по выражениям

$$M_{\rm B} = l_2 \omega^2 \{ [a_1(m_{\rm B1} + \Delta m_{\rm B1})(\rho_1 + \Delta \rho_1) + a_2 m_{\rm B2} \rho_2]^2 + [a_3(m_{\rm B3} + \Delta m_{\rm B3})(\rho_3 + \Delta \rho_3)]^2 + [a_4(m_{\rm B1} + \Delta m_{\rm B1})(\rho_1 + \Delta \rho_1) + a_5 m_{\rm B2} \rho_2] \times (m_{\rm B3} + \Delta m_{\rm B3})(\rho_3 + \Delta \rho_3) \}^{0.5};$$
(9)

$$tg\alpha_{\rm B} =$$

$$= \frac{{}_{1}(m_{B1} + \Delta m_{B1})(\rho_{1} + \Delta \rho_{1}) + {}_{B2}m_{B2}\rho_{2} +}{{}_{B4}(m_{B1} + \Delta m_{B1})(\rho_{1} + \Delta \rho_{1}) + {}_{B5}m_{B2}\rho_{2} +} \rightarrow \frac{+{}_{B3}(m_{B3} + \Delta m_{B3})(\rho_{3} + \Delta \rho_{3})}{+{}_{B6}(m_{P3} + \Delta m_{P3})(\rho_{3} + \Delta \rho_{3})}, \quad (10)$$

где  $a_i$  и  $B_i$  — постоянные конструктивные коэффициенты;  $m_{\rm B1}$  — номинальная масса противовесов, расположенных на продолжении 1 и 8-й щек коленчатого вала  $(m_{\rm B1} = m_{\rm B8}); m_{\rm B2}$  — то же для противовесов, находящихся на продолжении 2 и 7-й щек  $(m_{\rm B2} = m_{\rm B7})$ ;  $m_{\rm B3}$  — то же для противовесов, размещенных на продолжении 3 и 6-й щек ( $m_{\rm B3} = m_{\rm B6}$ );  $\Delta m_{\rm B1}$  и  $\Delta m_{\rm B3}$  — увеличение масс  $m_{\rm B1}$  и  $m_{\rm B3}$  ( $\Delta m_{\rm B1} = \Delta m_{\rm B8}$ ) и  $\Delta m_{\rm B3} = \Delta m_{\rm B6}$ );  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  и  $\rho_3$  — номинальное значение расстояния от оси вращения до центра тяжести масс  $m_{\rm B1}$ ,  $m_{\rm B2}$  и  $m_{\rm B3}$  $(\rho_1 = \rho_8, \ \rho_2 = \rho_7 \ \text{и} \ \rho_3 = \rho_6); \ \Delta \rho_1 \ \text{и} \ \Delta \rho_3$ увеличение расстояний  $\rho_1$  и  $\rho_3$  ( $\Delta \rho_1 = \Delta \rho_8$  $u \Delta \rho_3 = \Delta \rho_6$ ).

Упомянутые коэффициенты вычисляют по равенствам

$$a_{1} = 3 + \kappa_{0}; a_{2} = 3 - \kappa_{0}; a_{3} = 1 + \kappa_{0}; (11)$$

$$a_{4} = 2(3 + \kappa_{0})(1 + \kappa_{0})\sin(\alpha + \beta);$$

$$a_{5} = 2(3 - \kappa_{0})(1 + \kappa_{0})\sin(\alpha + \beta); (12)$$

$$B_{1} = (3 + \kappa_{0})\sin\alpha; B_{2} = (3 - \kappa_{0})\sin\alpha;$$

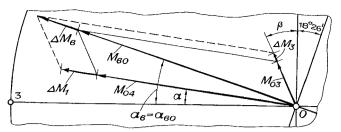
$$B_{3} = (1 + \kappa_{0})\cos\beta; (13)$$

$$B_4 = (3 + \kappa_0)\cos\alpha; B_5 = (3 - \kappa_0)\cos\alpha;$$
  
 $B_6 = (1 + \kappa_0)\sin\beta,$  (14)

где  $\kappa_0$  — постоянный конструктивный коэффициент [2];  $\alpha$  и  $\beta$  — углы расположения противовесов (см. рисунок) коленчатого вала [1, 2].

Увеличение анализируемого момента, связанное с повышением МГП противовесов, составляет

$$\Delta M_{\rm B} = l_2 \omega^2 \{ a_1^2 [m_{\rm B1} \Delta \rho_1 + \Delta m_{\rm B1} (\rho_1 + \Delta \rho_1)]^2 + + a_3^2 [m_{\rm B3} \Delta \rho_3 + \Delta m_{\rm B3} (\rho_3 + \Delta \rho_3)]^2 + + a_4 [m_{\rm B1} \Delta \rho_1 + \Delta m_{\rm B1} (\rho_1 + \Delta \rho_1)] \times \times [m_{\rm B3} \Delta \rho_3 + \Delta m_{\rm B3} (\rho_3 + \Delta \rho_3)] \}^{0.5}.$$
 (15)



Схемы действия моментов центробежных сил инерции, создаваемых противовесами коленчатого вала, и действующего в двигателях V-8 свободного суммарного неуравновешенного момента:

 ${
m M}_{{
m O}3}$  и  ${
m M}_{{
m O}4}$  — моменты центробежных сил инерции, вызываемые находящимися на продолжении 3,6 и 1, 2, 7, 8-й щек коленчатого вала противовесами;  ${
m M}_{{
m O}4}={
m M}_{{
m O}1}+{
m M}_{{
m O}2}\,({
m M}_{{
m O}1}\,{
m M}\,{
m M}_{{
m O}2}$  — моменты центробежных сил инерции, вызываемые противовесами, расположенными на продолжении 1,8 и 2, 7-й щек коленчатого вала);  ${
m \Delta M}_1$  и  ${
m \Delta M}_3$  — рост моментов  ${
m M}_{{
m O}1}$  и  ${
m M}_{{
m O}3}$ , вызванный увеличением МПГ противовесов, установленных на продолжении 1, 8 и 3, 6-й щек коленчатого вала

Введем обозначения

$$\kappa_1 = (m_{\text{B}2} + \Delta m_{\text{B}2})(\rho_2 + \Delta \rho_2)/(m_{\text{B}1} + \Delta m_{\text{B}1}) \times (\rho_1 + \Delta \rho_1);$$
(16)

$$\kappa_2 = (m_{\text{B}3} + \Delta m_{\text{B}3})(\rho_3 + \Delta \rho_3)/(m_{\text{B}1} + \Delta m_{\text{B}1}) \times \\
\times (\rho_1 + \Delta \rho_1).$$
(17)

При расчетах обычно принимают

$$\kappa_1 = m_{\rm B2} \rho_2 / m_{\rm B1} \rho_1; \, \kappa_2 = m_{\rm B3} \rho_3 / m_{\rm B1} \rho_1.$$
 (18)

С учетом выражений (16)—(18) из зависимостей (9), (10) и (15) получим

$$M_{\rm B} = l_2 \omega^2 (m_{\rm B1} + \Delta m_{\rm B1}) (\rho_1 + \Delta \rho_1) \times \times \{ [a_1 + \kappa_1 a_2 (1 + \Delta m_{\rm B1}/m_{\rm B1} + \Delta \rho_1/\rho_1 + \Delta m_{\rm B1} \Delta \rho_1/m_{\rm B1} \rho_1)^{-1}]^2 + + \kappa_2^2 a_3^2 + \kappa_2 [a_4 + \kappa_1 a_5 (1 + \Delta m_{\rm B1}/m_{\rm B1} + \Delta \rho_1/\rho_1 + + \Delta m_{\rm B1} \Delta \rho_1/m_{\rm B1} \rho_1)^{-1}] \}^{0.5};$$
(19)

$$tg\alpha_{B} = \frac{B_{1} + K_{1}B_{2}(1 + \Delta m_{B1}/m_{B1} + \Delta \rho_{1}/\rho_{1} + \Delta \rho_{1}/\rho_{1} + \Delta \mu_{B1}/m_{B1} + \Delta \rho_{1}/\rho_{1} + \Delta \mu_{B1}/\mu_{B1} + \Delta \mu_{B1}/\mu_{B1} + \Delta \mu_{B1}/\mu_{B1}/\mu_{B1} + \Delta \mu_{B1}/$$

$$\Delta M_{B} = l_{2}\omega^{2}m_{B1}\rho_{1}\left[a_{1}^{2}\left(\Delta m_{B1}/m_{B1} + \Delta\rho_{1}/\rho_{1} + \Delta\rho_{1}/\rho_{1} + \Delta\rho_{1}/m_{B1}\Delta\rho_{1}/m_{B1}\rho_{1}\right)^{2} + \kappa_{2}^{2}a_{3}^{2}\left(\Delta m_{B3}/m_{B3} + \Delta\rho_{3}/\rho_{3} + \Delta m_{B3}\Delta\rho_{3}/m_{B3}\rho_{3}\right)^{2} + \kappa_{2}a_{4}\left(\Delta m_{B1}/m_{B1} + \Delta\rho_{1}/\rho_{1} + \Delta m_{B1}\Delta\rho_{1}/m_{B1}\rho_{1}\right) \times \left(\Delta m_{B3}/m_{B3} + \Delta\rho_{3}/\rho_{3} + \Delta m_{B3}\rho_{3}/m_{B3}\rho_{3}\right)\right]^{0.5}. (21)$$

Вследствие незначительности значений величин  $\Delta m_{\rm B1}\Delta \rho_1$ ,  $\Delta m_{\rm B3}\Delta \rho_3$ ,  $\Delta m_{\rm B1}\Delta \rho_1/m_{\rm B1}\rho_1$  и  $\Delta m_{\rm B3}\Delta \rho_3/m_{\rm B3}\rho_3$  ими пренебрегают. Выявлено, что для расчетов можно принять

$$\Delta m_{\rm B1}/m_{\rm B1} = \Delta m_{\rm B3}/m_{\rm B3}; \Delta \rho_1/\rho_1 + \Delta \rho_3/\rho_3.$$
 (22)

Основываясь на изложенном и учитывая равенства (22), из выражений (19)—(21) имеем

$$M_{\rm B} = l_2 \omega^2 (m_{\rm B1} \rho_1 + m_{\rm B1} \Delta \rho_1 + \Delta m_{\rm B1} \rho_1) \times$$

$$\times \{ [a_1 + \kappa_1 a_2 (1 + \Delta m_{\rm B1} / m_{\rm B1} + \Delta \rho_1 / \rho_1)^{-1}]^2 + \kappa_2^2 a_3^2 +$$

$$+ \kappa_2 [a_4 + \kappa_1 a_5 (1 + \Delta m_{\rm B1} / m_{\rm B1} + \Delta \rho_1 / \rho_1)^{-1}] \}^{0.5}; (23)$$

$$tg\alpha_B =$$

$$= \frac{\mathbf{B}_{1} + \kappa_{1} \mathbf{B}_{2} (1 + \Delta m_{B1} / m_{B1} + \Delta \rho_{1} / \rho_{1})^{-1} + \kappa_{2} \mathbf{B}_{3}}{\mathbf{B}_{4} + \kappa_{1} \mathbf{B}_{5} (1 + \Delta m_{B1} / m_{B1} + \Delta \rho_{1} / \rho_{1})^{-1} + \kappa_{2} \mathbf{B}_{6}}; (24)$$

$$\Delta M_{\rm B} = l_2 \omega^2 a^{-1} (m_{\rm B1} \Delta \rho_1 + \Delta m_{\rm B1} \rho_1), \tag{25}$$

где а — постоянный конструктивный коэффициент.

Значение указанного коэффициента

$$a = (a_1^2 + \kappa_2^2 a_3^2 + \kappa_2 a_4)^{-0.5}.$$
 (26)

Для обеспечения полной уравновешенности двигателей V-8, а также возможности балансировки их коленчатого вала и вала в сборе в условиях производства и ремонта требуется соблюдение условий (см. рисунок)

$$\overline{\mathbf{M}}_{\mathbf{B}} = -\overline{\mathbf{M}}_{R}; \Delta \overline{\mathbf{M}}_{\mathbf{B}} = -\Delta \overline{\mathbf{M}}_{R}; \alpha_{\mathbf{B}} = \alpha_{R}.$$
 (27)

Принимая во внимание положения работы [2], условия (1) и (27), с учетом формул (2), (3), (8), (23) и (25), в общем случае имеем

$$(m_{\rm B1}\rho_1 + m_{\rm B1}\Delta\rho_1 + \Delta m_{\rm B1}\rho_1) \times \times \{[a_1 + \kappa_1 + \kappa_1 a_2(1 + \Delta m_{\rm B1}/m_{\rm B1} + \Delta\rho_1/\rho_1)^{-1}]^2 + + \kappa_2^2 a_3^2 + \kappa_2 [a_4 + \kappa_1 a_5(1 + \Delta m_{\rm B1}/m_{\rm B1} + \Delta\rho_1/\rho_1)^{-1}]\}^{0.5} = = r[(3m_{\rm BH} + m_1 + 3\Delta m_{\rm y})^2 + (m_{\rm BH} + m_2 + \Delta m_{\rm y})^2]^{0.5}; (28)$$

$$m_{\rm B1}\Delta\rho_1 + \Delta m_{\rm B1}\rho_1 = 3{,}162ar\Delta m_{\rm V}.$$
 (29)

Если в процессе проектирования и производства двигателей V-8 обеспечиваются равенства

(4), выражение (29) сохраняется, а уравнение (28) имеет вид

$$(m_{\rm B1}\rho_1 + m_{\rm B1}\Delta\rho_1 + \Delta m_{\rm B1}\rho_1) \times \times \{[a_1 + \kappa_1 a_2 (1 + \Delta m_{\rm B1}/m_{\rm B1} + \Delta\rho_1/\rho_1)^{-1}]^2 + + \kappa_2^2 a_3^2 + \kappa_2 [a_4 + \kappa_1 a_5 (1 + \Delta m_{\rm B1}/m_{\rm B1} + + \Delta\rho_1/\rho_1)^{-1}]\}^{0.5} = 3.162 r(m_{\rm c} + \Delta m_{\rm v}). (30)$$

Формулы (1)—(30) справедливы для всех двигателей V-8 с рассматриваемой схемой расположения противовесов, если при их проектировании и производстве соблюдаются требования, обеспечивающие полную уравновешенность этих двигателей.

Все величины, параметры и коэффициенты, входящие в выражения (28)— (30), кроме приращений массы соответствующих противовесов и расстояния от оси вращения до ее центра тяжести, для рассматриваемых двигателей известны. Для конкретных моделей и конструкций двигателей их значения можно определить по данным предприятий-изготовителей, рабочим чертежам соответствующих деталей, ТУ на изготовление и ремонт последних, руководящим документам и материалам на эксплуатацию и ремонт двигателей. Поэтому, зная конструктивные особенности конкретных двигателей и их коленчатого вала и используя уравнения (28)—(30), а также данные упомянутых источников информации, определяют требуемые приращения МГП противовесов коленчатого вала, расположенных на продолжении 1, 3, 6 и 8-й щек. Они полностью компенсируют увеличение массы деталей КШМ, наблюдаемое при установке в рассматриваемые двигатели конструктивно и технологически усовершенствованных, а также ремонтных поршней, поршневых колец и шатунных вкладышей. Зная необходимые приращения МГП противовесов коленчатого вала, рассчитывают соответствующий им рост их наружного радиуса.

Применение разработанного способа компенсации роста массы деталей КШМ на предприятиях-изготовителях двигате-

лей и в условиях их капитального ремонта практических не вызывает трудностей. Предложенный способ обеспечивает полную уравновешенность новых и прошедщих капитальный ремонт двигателей V-8 и возможность балансировки их коленчатого вала и вала в сборе в условиях производства и ремонта.

Таким образом, увеличение массы деталей КШМ, наблюдаемое при их конструктивном и технологическом усовершенствовании, а также использовании этих деталей ремонтных размеров можно компенсировать ростом МГП противовесов, расположенных на продолжении 1, 3, 6 и 8-й щек коленчатого вала. Расчет необходимого приращения этих параметров производят по предложенным формулам. Применение разработанного способа полностью уравновешивает исследуемые двигатели и позволяет с достаточной для практических целей точностью балансировать их коленчатый вал и вал в сборе в условиях производства и ремонта.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Назаров, А. Д.** Дисбалансы автотракторных двигателей: определение и нормирование [Текст] / А. Д. Назаров. Машиностроение, 1991. 272 с.
- 2. **Назаров, А. Д.** Расчет противовесов коленчатого вала и уравновешенность двигателей V-8 при их производстве и ремонте [Текст] / А. Д. Назаров // Материалы Всесоюзного координационного совещания вузовской науки по вопросам использования, надежности и ремонта машин, электронизации процессов и технических средств в сельскохозяйственном производстве (26—29 сентября 1989 г., г. Ашхабад), книга 2. Ашгабат: ТСХИ. 1994. С. 125—143.
- 3. **Назаров А. Д.** Способы компенсации недостающей массы противовесов коленчатого вала [Текст] / А. Д. Назаров // Автомобильная промышленность. 1994. № 8. С. 17—20.
- Назаров, А. Д. Методики определения влияния увеличения массы деталей КШМ на долговечность и виброакустические показатели двигателей: сб. научных трудов МГАУ "Диагностика, надежность и ремонт машин" [Текст] / А. Д. Назаров, М. А. Назаров. М.: МГАУ, 1995. С. 9—14.



## Металл-Экспо'2010

С 9 по 12 ноября 2010 г. в Москве проходила 16-я Международная промышленная выставка "Металл-Экспо'2010", участие в которой принимали 600 компаний из 30 стран мира. Крупнейший металлургический форум России и других стран СНГ на ВВЦ посетило свыше 25 тыс. руководителей и специалистов различных металлопотребляющих отраслей экономики.

Экспозиции павильона № 75 ВВЦ разделены на три ключевых зала: "Черная и цветная металлургия, металлоконструкции и металлоизделия для стройкомплекса", "Оборудование и технологии для металлургии и металлообработки", "Наукоград: научные институты и инжиниринговые компании". На ВВЦ свои экспозиции представили ведущие российские и зарубежные производители и поставщики черных и цветных металлов, производители оборудования и инжиниринговые компании: Металлоинвест, Северсталь, ММК, Группа Мечел, ТМК, ОМК, Группа ЧТПЗ, БМЗ, Днепроспецсталь, ArcelorMittal, SMS Group, Anshan Iron & Steel Group Corporation, Marcegaglia, Acerinox, Ruukki, RHI, Vesuvius, MetalForme, Padana Tubi, Dango Dienenthal, Henkel, China Fest Heavy Industries и другие лидеры индустрии. В выставке участвовали с коллективными экспозициями Германия, Италия, Чехия, Финляндия, небывалый

интерес к российскому рынку демонстрируют также азиатские компании: сразу три коллективных экспозиции, свыше 40 компаний из Китая.

Развитие взаимоотношений между различными отраслями промышленности и стимулирование металлопотребления на внутреннем рынке — основные цели "Металл-Экспо". Посетители выставки — прямые потребители (снабженцы, сотрудники департаментов материально-технического обеспечения, коммерческие директора предприятий), сотрудники сервисных металлоцентров и дистрибьютивных компаний. На выставку приезжали компетентные промышленники решать конкретные вопросы. "Металл-

Экспо" — одно из немногочисленных выставочных мероприятий, которое посещают владельцы и первые лица металлургических компаний.

В рамках конгресс-части "Металл-Экспо" состоялось совещание координационного совета металлургической промышленности при Минпромторге России, круглый стол "Металлопродукция для энергетики" и две тематические конференции: "Сталь в строительстве: настоящее и будущее" и "Металлопродукция для автопрома".

SMS Group, Voortman, Guss-Ex, Z&J Technologies, Olimpia 80, Gustav Eirich Maschinenfabrik, VSM, Ideal Werke, Beijing CMRC, S. M. A. C. и другие ведущие поставщики оборудования и технологий рассматривают выставку в качестве площадки для развития бизнеса в странах СНГ. Свои возможности по поставкам оборудования и технологий демонстрировали специализированные компании России и Украины: ОРМЕТО-ЮУМЗ, ЭЗТМ, Уральский инжиниринговый центр, Вебер Комеханикс, Аркада-Инжиниринг, НКМЗ, КАМИ-Металл, Росмарк-Сталь, Рэлтек, Днепротехсервис, УРАЛКРАН, Нордин-крафт, Накал, НОРД Приводы, Златоустовский машиностроительный завод, Литмашприбор, Союз МЕТАЛЛУРГМАШ и все его участники.

Продвижение инновационных машиностроительных решений на рынок России — одна из целей выставки. В 2011 г. в рамках "Металл-Экспо" появится новая выставка оборудования и технологий для металлургии и металлообработки "Металлург Маш".

В делегацию Arcelor Mittal на выставке входит свыше 40 руководителей и специалистов. Более 100 представителей делегировал на "Металл-Экспо" холдинг "Металлоинвест".

Переговорная площадка "Металл-Экспо" дает возможность участникам в течение четырех дней выстроить каналы сбыта, улучшить отношения с клиентами и найти новых потребителей, проверить свою маркетинговую стратегию, укрепить репугацию среди партнеров, протестировать новые продуктовые линейки, обсудить перспективы сотрудничества на 2011 г.

### Одна из самых лучших в мире

"Российская металлургия окончательно вышла из кризиса и является, пожалуй, одной из самых лучших в мире" — заявил В. Семенов, руководитель Департамента базовых от-

раслей промышленности Минпромторга РФ, открывая 13-ю Международную конференцию "Российский рынок металлов 2010", которая состоялась 8 ноября в московском Ренессанс Отеле.

По словам В. Семенова, предпринимаемые Правительством меры по поддержке металлургической отрасли позволили ей сохранить четвертое место в мировой металлургии с объемом производства 5 % от общемирового. При этом российские трубопроизводители сумели закрепиться в десятке ведущих по объемам производства стран.

Согласно данным Минпромторга, за девять месяцев текущего года производство готового проката возросло на 19 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, заготовок и полуфабрикатов — на 35 %, причем налоговые отчисления в бюджеты разных уровней выросли в 2,3 раза. Это стало возможно в том числе за счет разработки стратегий развития сопряженных базовых отраслей промышленности: ТЭК, автопрома, железнодорожного строительства, транспорта, строительного комплекса и т. п. Например, если энергетикам в 2007 г. требовалось 80—120 тыс. т продукции черной металлургии, то в соответствующей стратегии к 2015 г. эта цифра возрастет до 650-980 тыс. т. Аналогичным образом потребность в трубах большого диаметра (ТБД) вырастет с 1,45 млн т в 2007 г. до 3,45 млн т в 2012 г.

Как отметили представители трубных компаний, именно этот сектор позволил сохранить позитивные темпы рынка труб. Так, согласно оценке И. Коломейца, директора по маркетингу Объединенной металлургической компании, рынок стальных труб России в 2010 г. составит 8,4 млн т, что значительно больше, чем в предыдущем году. Это было обеспечено в первую очередь как раз за счет роста потребления ТБД, идущих на реализацию трубопроводных проектов Газпрома и Транснефти.

С. Билан, заместитель генерального директора по маркетингу и развитию бизнеса ОАО "ТМК", анализируя положение дел и перспективы развития ситуации в отраслях — потребителях труб, отметил, что данный рынок сегодня приходит в нормальное, сбалансированное состояние. В 2010 г. практически все отрасли продемонстрировали весьма неплохой уровень закупок труб.

Согласно прогнозу, предоставленному С. Биланом, объем потребления труб боль-

шого диаметра благодаря активной поддержке Правительства РФ в 2010 г. составит 2,9 млн т, то же самое — в 2011 г. В сегменте бурильных труб уровень продаж продукции в текущем году составит 40 тыс. т, в 2011 г. — 45 тыс. т. В сегменте обсадных труб в 2010 г. потребление составит 970 тыс. т, в следующем — 1 млн т, в сегменте насосно-компрессорных — 490 тыс. и 510 тыс. т соответственно. По сварным и бесшовным трубам, применяемым в нефтегазовом секторе, в 2010 г. потребление прогнозируется на уровне 1,18 млн т, в 2011 г. — 1,16 млн т.

Машиностроение в этом году также показало весьма хороший уровень закупок. К примеру, объемы потребления котельных труб составят 36 тыс. т в этом году, в следующем — 39 тыс. т, горячекатаных труб общего назначения будет закуплено 650 тыс. и 730 тыс. т, холоднодеформированных — 90 тыс. и 95 тыс. т соответственно.

В области стройиндустрия в 2010 г. объем закупок сварных труб, составили 1,56 млн т продукции (прогноз на 2011-1,67 млн т).

Среди факторов, способствующих росту трубного рынка, было отмечено продолжение реализации крупных инфраструктурных проектов, господдержку отдельных секторов, улучшение ликвидности потребителей труб, а также успешная реализация энергетической стратегии России.

В то же время на рынке действуют факторы, сдерживающие рост потребления труб. Это, в частности, опережающий рост цен па сырье и высокая волатильность сырьевых рынков, медленные темпы обновления изношенных фондов ЖКХ и замедление темпов газификации, недостаточные объемы оборотного капитала и проблемы с ликвидностью у трейдеров, а также неравномерность восстановления спроса на региональном рынке.

В то же время В. Семенов отметил, что кризис привел к снижению инвестиций в металлургическую отрасль: в черной металлургии с 199 млрд руб. по итогам 2007 г., до 159 млрд руб. по итогам 2009 г., в цветной металлургии — с 95 млрд до 75 млрд руб. соответственно. Вместе с тем и этой суммы хватило для того, чтобы износ основных фондов металлургических компаний снизился примерно на 10 % в сегменте как черной металлургии, так и цветной. Уровень суммарных инвестиций по итогам 2010 г. сохранится на уровне 2009 г.

При этом компаниям удалось реализовать ряд крупных и важных как для отдельных компаний, так и для отрасли в целом проектов, таких как "Высота-239" на ЧТПЗ, "Стан-5000" на ММК и др.

Например, запуск "Стана-5000" позволил расширить сотрудничество с ОМК и ТМК и в конечном счете с нефтегазовыми компаниями. В настоящее время ММК ведет строительство нового комплекса холодной

прокатки для освоения выпуска высокопрочных сталей для нужд автопрома мощностью 2 млн т в год.

Немаловажную роль в этом процессе, по словам В. Семенова, сыграли своевременные меры господдержки, среди которых были упомянуты: поддержка спроса на металло-продукцию, переход на долгосрочные контракты с компаниями ТЭК, координация инвестиционной активности. Государством также была оказана поддержка инвестиционным проектам в виде госгарантий на сумму 53,4 млрд руб., осуществлены обнуление импортных пошлин на технологическое оборудование, не производимое в России, поддержка производственных отраслей в получении кредитов.

Кроме того, велась активная работа по защите внутреннего рынка путем увеличения ввозных таможенных пошлин в отношении некоторых видов проката, осуществлялись 15 %-ные преференции отечественным производителям при госзаказе, антидемпинговые и специальные защитные расследования, работа по поддержке экспорта. Меры по поддержке инноваций привели к тому, что в посткризисном периоде было выдано 350 патентов, 80 новых технологий переданы в производство, разработано 170 новых технологий. Это вызвало рост выручки предприятий отрасли на 10—12 млрд руб., что увеличило доходы бюджета на 3—3,5 млрд руб.

Данную работу, по словам В. Семенова, нужно продолжать. В частности, среди мер, реализация которых намечена на ближайшие несколько лет, докладчиком были названы обеспечение внутреннего рынка высокоточными производствами, защита и поддержка инноваций, развитие новых видов производств, стимулирование деятельности существующих предприятий и т. п.

При этом существуют проблемы, препятствующие наращиванию потребления продукции отечественной металлургии со стороны предприятий судостроения. В первую очередь это отсутствие производства марок сталей для строительства офшорных конструкций и нефтяных платформ, отсутствие в России производства необходимого объема проката по ГОСТ 21937—76, а также проблема транспортировки листа шириной 4000—4500 мм и длиной 18 000—24 000 мм во Владивосток.

Заканчивая свое выступление, В. Семенов отметил, что итогом реализации разработанного Минпромторгом РФ комплекса мер должен стать рост производства стали на 24 %, труб — на 54,5 %, жести с покрытиями — на 258 %. Доля выплавки в электропечах должна вырасти на 12,3 %, доля стали на базе МНЛЗ — на 29 %. При этом запланировано снижение импорта проката в 2 раза, потребления электроэнергии на выплавку тонны стали — на 8 %, удельной энергоемкости производства тонны стали — на 15,5 %.

### Металлопотребление

### В фокусе — стимулирование спроса

На координационном совете металлургической промышленности при Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации под председательством замминистра А. Дементьева состоялось первое публичное обсуждение проекта плана развития металлургического комплекса страны на 2011—2013 гг.

В течение нескольких недель он будет доработан, согласован и до конца года принят. Как рассказал директор Департамента базовых отраслей промышленности Минпромторга РФ В. Семенов, около 200 предложений поступило от игроков рынка. Они систематизированы, структурированы по направлениям: стимулирование потребления, создание условий для модернизации и инноваций, поддержка экспортеров на внешних рынках. А. Дементьев отметил, что основной частью плана развития металлургического комплекса страны на 2011—2013 гг. должно стать стимулирование спроса на металлопродукцию на внутреннем рынке. Это самая актуальная задача на ближайшие три года. Данный документ будет увязан со стратегиями развития смежных отраслей — судостроения,ы ТЭК и автопрома. Для того чтобы он не был оторван от реальной жизни, и произошла фокусировка экспертов от бизнеса. Они создадут перечень конкретных действий. Для доработки плана первоочередных мер организована рабочая комиссия под условным названием "Русская Сталь и Русский алюминий".

"К концу 2010 г. объемы производства металлопродукции вплотную приблизились к докризисным. Катализатором дальнейшего роста должно стать развитие внутреннего потребления", — заявил директор департамента торговой политики УК "Металлоинвест" Ю. Мишин в ходе координационного совета. На совещании, в котором приняли участие руководители Русала, Базэла, НЛМК, Северстали, ММК, ТМК, ОМК, Группы ЧТПЗ и других крупнейших компаний страны, были рассмотрены актуальные проблемы отрасли, проанализировано состояние черной и цветной металлургии. Невзирая на кризис, инвестиции в модернизацию не прекращались. В ближайшие пять лет очередная доза инвестиций будет направлена в производство стали с покрытиями, стали строительного назначения, холоднокатаных марок стали для автопрома. Необходимые меры поддержки инвестиционной деятельности стали предметом обсуждения.

### Награждение лучших

По окончании конференции "Российский рынок металлов-2010", состоялось награждение лучших из лучших в отечественной метаплоторговле и металлообработке. В этом году на конкурсы, организованные Российским союзом поставщиков металлопродукции (РСПМ), поступило 18 заявок от СМЦ и 23 заявки от металлобаз.

Конкурсы "Лучшая металлобаза России" и "Лучший сервисный металлоцентр России" состоялись в пятый раз.

В 2010 г. претенденты представили 41 заявку. Среди них оказались базы и СМЦ, мощности которых были запущены уже в кризисный период, а значит, отрасли продолжают развиваться, подтверждая необходимость своего существования в цепочке поставок металлопроката от производителя к потребителю.

Лауреатами конкурса "Лучший СМЦ России-2010" стали следующие компании: Сибирский металлоцентр (г. Новоалтайск), СКС "Октябрьский" компании Брок-Инвест-Сервис (Москва), ИПГ ИНПРОМ (г. Таганрог), Казанские Стальные Профили (г. Казань), Стальинвест (г. Домодедово), ГК Маяк (г. Самара), БМК-Калининград, фестальпине Аркада Профиль (г. Смоленск). Гран-при конкурса получил Верхневолжский СМЦ ГК ДиПОС (г. Иваново).

Кубки победителей конкурса "Лучшая металлобаза России-2010" вручены следующим компаниям: Мост-1 (Москва), Галактика (г. Подольск), Специальные Стали и Сплавы, (г. Щелково), СКС "Октябрьский", БМК-Калининград, филиал ИПГ ИНПРОМ в Таганроге, Высокогорская металлобаза компании Мета-слав (с. Высока Гора, Татарстан), Оммет (г. Омск), Рустил-Трэйд(г. Владивосток), ПСК Тримет (г. Тюмень), региональные подразделения компании Металл-Маркет в Самаре и Тольятти, складские комплексы ТД Санеста-Металл в Санкт-Петербурге, СК Сибирские ресурсы (г. Новосибирск), Логистический центр "Большой Исток" Сталь-Энерго 2000 (г. Екатеринбург). Гран-при присужден Карачаровской металлобазе Металлсервис-групп (Москва).

# Abstracts of articles

- Antipenko V. S., Antipenko S. V., Lebedev S. A., Nikitin S. V. Starting systems with capacitor molecular sources of the current
  - In work results of laboratory and operational tests of three types of sources of a current for SSE on basic samples MAT cars KAMAz and Urals Mountains are results brought, is given their comparative estimation.
  - **Keywords:** systems electro start-up, storage batteries, a modular source of a current, the capacitor molecular store, tests
- Antipenko V. S., Antipenko S. V., Lebedev S. A. Problem of the choice of the chemical source of the current The considered problem of the choice and categorization of the chemical source of the current, state of working and main features of the sources of the current. The specified advantage and defect of the chemical sources of the current of the system electric-chemical miscellaneous.
  - **Keywords:** chemical sources of the current, battery, categorization, main parameters, comparative estimation *Sokovikov V. K.* Use of electrohydrodynamic engine to transports systems
- The article is dedicated to electrohydrodynamic engine working without hydrocarbon fuel. Engine work is based on the electric discharge in the nonfreezing liquid located under piston volume of the cylinder. The engine efficiency can reach 72—75 %.
  - **Keywords:** engine, piston, pressure, electrode
- Gadelshin T. K., Gadelshin D. T. Unification method of automobile parameters

  The paper sets the method for design and production of automobiles of functional modules based on the transfer to unified assembly units. The method of functional modules detailed parameters unification considered. The article shows the problems, which may arise, while using functional modules.
  - Keywords: automobile, module, parameter, unification
- Antipenko V. S., Antipenko S. V., Lebedev S. A. We test system electrostarternogo of start-up In work the information on the set up for start of internal combustion engines of automobile and results of the tests lead on it in the Ryazan military automobile institute is prezented under various conditions and modes, and received results are discussed.
  - **Keywords:** the test bed, modes of tests, results of tests
- Markov V. A., Devianin S. N., Zenin A. A.
- Evaluation process of flow coefficient of injector sparayers and calculation procedure of spraying fuel jets dynamic characteristics in a diesel engine equipped with injectors with different spray hole lengths are presented. The effect of spray hole lengths on fuel spraying process characteristics has been proved.
  - Keywords: diesel engine, fuel air mixture formation process, injector, sprayer, spray hole length
- Berezina A. A. Position of Russian Federation on the world market of high technologies Due to growing importance of high-tech market, well-developed countries now stake on development of innovative economy. In recent years Russia has rolled away by 10—15 years in its level of technological development, and this fact endangers its national security. Subtle chemical technologies, nanomaterials, civil aviation, nuclear reactors on speedy neurons and cheap military technologies can be perspective for our country. But any delay in development of high-tech sector will lead to increasing gap between Russia and other developed countries.
  - **Keywords:** scientific and technical complex of Russian Federation, high-tech production, high-tech export, high-tech import
- Nazarov A. D. Compensation of increase of total unbalanced mass of crank-connecting rod mechanism parts of V-8 engines during production and repairs
  - Increase of total unbalanced mass (TUM) of parts of crank-connecting rod mechanism during improvement and usage of these parts after such parts were re-built, can be compensated by increasing mass and geometric parameters of counterweights, which are located at 1, 3, 6 and 8<sup>th</sup> crank of the crank shaft. Calculation of required increase of these parameters can be done with suggested formulas. By using this method it is possible to balance the engines as well as their crank shafts and assembled crank shafts.
  - **Keywords:** parts of crank-connecting rod mechanism, unbalanced mass, compensation, counterweights, mass and geometric parameters, balancing

Художественный редактор *Т. Н. Галицына*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Т. В. Пчелкина* Сдано в набор 22.11.2010. Подписано в печать 30.12.2010. Формат  $60 \times 88 \, 1/8$ . Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5.88. Уч.-изд. л. 6,96. Тираж 150 экз.

Отпечатано в ООО «Белый ветер», 115407, г. Москва, Нагатинская наб., д. 54, пом. 4