gz1110.fm Page 1 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

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

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

© ООО "Издательство Машиностроение", "Грузовик", 2010

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.

В НОМЕРЕ

11 '2010

Грузовик
с приложением

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал

Конструкция

2 *Чернышов К. В., Поздеев А. В., Новиков В. В., Рябов И. М.* Определение условий оптимального регулирования жесткости пневматической подвески АТС

Наноконструирование

6 *Грушев В. В., Ляшев Д. Н.* Деформационное наноконструирование поверхностного слоя деталей машин в процессе ультразвуковой обработки

Исследование. Расчет

8 *Назаров А. Д.* Общая методика расчета уравновешенности двигателей V-8 и массогеометрических параметров противовесов из коленчатого вала

35 *Ходосовский Ю. В.* Расчетные зависимости средней скорости движения автомобилей многоцелевого назначения от кривизны дорог

Технология

16 *Козырев В. В., Козырева Л. В., Чупятов Н. Н., Рыбаков И. Б.* Применение металлизированных материалов на основе технической керамики для ремонтных производств

20 *Околович Г. А., Околович А. Г.* Новые технологии изготовления стальных поршневых колец

Испытания

26 *Фасхиев Х. А., Галимянов А. Д.* Испытания при стендово-дорожной доводке автомобилей

Юбилей

38 *Поздравляем* с юбилеем Николая Антоновича Иващенко

40 ***Новости***

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

gz1110.fm Page 2 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

УДК 629.113

К. В. Чернышов,
А. В. Поздеев,
В. В. Новиков,
И. М. Рябов;
ВолгГТУ
(г. Волгоград)
E-mail:
V.Novikov@
vcgo.ru

Определение условий оптимального регулирования жесткости пневматической подвески АТС

Изложен аналитический вывод условий регулирования жесткости упругого элемента подвески АТС при произвольном законе кинематического возмущения и приведены достигаемые при этом результаты моделирования применительно к пневматической подвеске с гидроамортизатором и без него.

Ключевые слова: *оптимальное управление, жесткость подвески, функция Гамильтона, упругий элемент, пневморессора, гидроамортизатор, виброзащита, частотный резонанс.*

Для повышения виброзащитных свойств подвесок автотранспортных средств (АТС) необходимо управление демпфированием путем его отключения в зонах неэффективной работы амортизатора, в которых его действие направлено на увеличение скорости и амплитуды перемещений подрессоренной массы [1, 2].Этот вывод и условия регулирования демпфирования получены для одноопорной одномассовой колебательной системы как при синусоидальном, так и при произвольном законе кинематического возмущения. Однако повысить виброзащитные свойства подвески можно также путем регулирования жесткости упругого элемента при наличии нерегулируемого амортизатора или даже при его полном отсутствии. Один из вариантов регулирования упругой характеристики в цикле колебаний приведен в работе [3].

Ниже определяются моменты изменения жесткости упругого элемента подвески АТС на основе принципа максимума Л. С. Понтрягина [4, 5] и приводятся достигаемые при этом результаты применительно к пневматической подвеске с гидроамортизатором и без него.

В соответствии с принципом максимума предположим, что состояние подрессоренной массы m (рис. 1) в каждый момент времени характеризуется действительными числами z_1 и z_2, причем векторное пространство Z векторной переменной $z = (z_1, z_2)$ является фазовым пространством (фазовой плоскостью) состояния подрессоренной массы.

Движение подрессоренной массы с математической точки зрения заключается в изменении во времени переменных z_1, z_2. Предположим также, что u — параметр, управляющий жесткостью подвески и подчиненный условию $u = u_{\max}$ или $u = u_{\min}$. Тогда закон движения подрессоренной массы записывается в виде системы дифференциальных уравнений

$$\frac{dz_i}{dt} = f_i(z_1, z_2, u),\ i = 1, 2. \qquad (1)$$

Функции f_i определены для любых значений векторной переменной z и для значений $u = u_{\max}$ и $u = u_{\min}$, а также непрерывны и непрерывно дифференцируемы по z_1

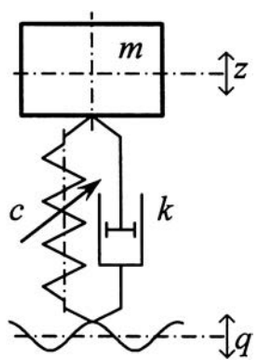


Рис. 1. Расчетная схема подвески с переменной жесткостью упругого элемента

gz1110.fm Page 3 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

и z_2. С учетом управляющего параметра u дифференциальное уравнение, описывающее состояние подрессоренной массы, имеет вид

$$m\ddot{z} + k(\dot{z} - \dot{q}) + cu(z - q) = 0 \qquad (2)$$

или (после деления на m)

$$\ddot{z} + 2h(\dot{z} - \dot{q}) + \omega_0^2 u(z - q) = 0, \qquad (3)$$

где $h = f_h(z - q,\ \dot{z} - \dot{q})$ и $\omega_0 = f_{\omega_0}(z - q,\ \dot{z} - \dot{q})$ — положительные функции; $z = f_z(t)$, q и $\dot{q}$ — внешнее возмущение.

В фазовых координатах $z_1 = z,\ z_2 = \dfrac{dz}{dt}$, это уравнение записывается в виде системы

$$\left.\begin{aligned} \frac{dz_1}{dt} &= z_2, \\ \frac{dz_2}{dt} &= -[2h(\dot{z} - \dot{q}) + \omega_0^2 u(z - q)]. \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Предположим, что задана также функция

$$f_0(z_1, z_2, u) = \left(\frac{\mathrm{d}z_1}{\mathrm{d}t}\right)^2 = (z_2)^2, \qquad (5)$$

определенная и непрерывная со своими частными производными $\dfrac{\partial f_0}{dz_1}$ и $\dfrac{df_1}{dz_2}$ (также как и функции f_i) на всем пространстве $Z \times U$, где U – это область управления. Тогда минимум функционала

$$J = \int_{t_0}^{t_1} f_0(z_1, z_2, u)\mathrm{d}t \qquad (6)$$

будет соответствовать движению подрессоренной массы с минимальным отклонением по перемещению от предшествующего состояния в каждый последующий момент времени (задача о накоплении возмущений [6]).

Согласно принципу максимума существует некоторое оптимальное управление $u(t)$, переводящее фазовую точку из положения $z(t_0)$ в положение $z(t_1)$ и придающее функционалу (6) минимальное значение [5, 6].

Как показывают расчеты, для минимизации функционала (6) необходимо выполнение условий

$$\left.\begin{aligned} u &= u_{\max} \text{ при } z_2(z_1 - q) > 0; \\ u &= u_{\min} \text{ при } z_2(z_1 - q) < 0, \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

причем моменты $z_2 = 0$ и $z_1 - q = 0$ — единственные моменты переключения жесткости.

Алгоритм (7) можно представить в развернутом виде:

$$\left.\begin{aligned} &I\text{: } u = u_{\max} \text{ при } (z - q) \geqslant 0 \text{ и } \dot{z} > 0; \\ &II\text{: } u = u_{\min} \text{ при } (z - q) \geqslant 0 \text{ и } \dot{z} < 0; \\ &III\text{: } u = u_{\max} \text{ при } (z - q) < 0 \text{ и } \dot{z} \leqslant 0; \\ &IV\text{: } u = u_{\min} \text{ при } (z + q) < 0 \text{ и } \dot{z} \geqslant 0, \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

где условия *I*, *II*, *III*, *IV* соответствуют участкам упругой характеристики, на которых жесткость подвески не меняется.

Из анализа условий алгоритма (8) можно сделать следующие выводы:

1) при оптимальном управлении жесткость подвески должна быть максимальна в моменты, когда подвеска сжата относительно нейтрального положения, а движение подрессоренной массы направлено вниз и когда подвеска разжата относительно нейтрального положения, а движение подрессоренной массы направлено вверх;

2) при оптимальном управлении уменьшение жесткости производится в момент изменения знака скорости абсолютного перемещения подрессоренной массы, а увеличение жесткости — в момент изменения знака относительного перемещения подрессоренной массы.

Для оценки эффективности алгоритма (8) на гашение колебаний АТС была разработана математическая модель активно управляемой пневмоподвески (рис. 2), упругая характеристика которой показана на рис. 3.

gz1110.fm Page 4 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

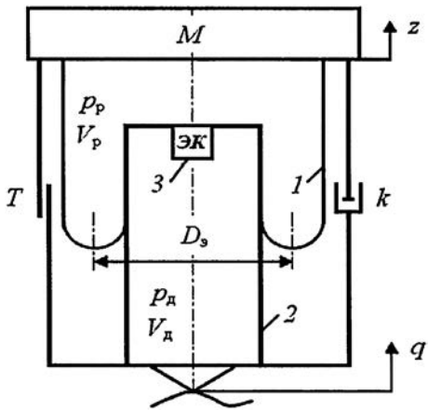


Рис. 2. Расчетная схема активно управляемой пневмоподвески:

M — подрессоренная масса; T — трение без смазочного материала; k — коэффициент сопротивления гидроамортизатора; z — перемещение подрессоренной массы; q — кинематическое возмущение; $V_р$ и $V_д$ — рабочий и дополнительный объемы ($V_р$ = var, $V_д$ = const); $p_р$ и $p_д$ — абсолютные давления в рабочем и дополнительном объемах; $D_э$ — эффективный диаметр; 1 — резинокордная оболочка пневморессоры; 2 — поршень; 3 — электромагнитный клапан

Особенностью данной подвески является то, что рабочий и дополнительный объемы пневморессоры (ПР) разобщаются в статическом положении (электромагнитный клапан 3 закрывается), а соединение объемов, т. е. мгновенное выравнивание давлений в рабочей и дополнительной полостях ПР происходит с некоторым опережением моментов достижения амплитудных положений подрессоренной массы (электромагнитный клапан 3 открывается).

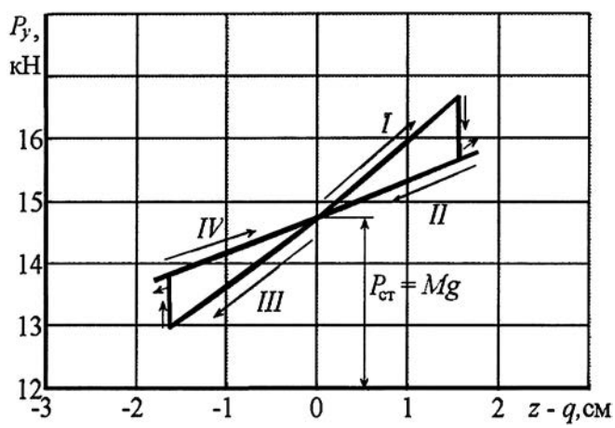


Рис. 3. Упругая характеристика активно управляемой пневматической подвески по алгоритму (8):

$p_{ст}$ — статическая нагрузка на подвеску; M — подрессоренная масса; g — ускорение свободного падения

Упругая характеристика (рис. 3) данной подвески описывается уравнением:

$$P_у = (p_р - p_{атм})F_э =$$

$$= \left[\left(\frac{V_{р.ст}/u}{V_{р.ст}/u + F_э(z-q)}\right)^n p_{р.ст} - p_{атм}\right]F_э, \qquad (9)$$

где $p_р$ — абсолютное давление в рабочем объеме ПР; $p_{р.ст}$ — абсолютное давление в рабочем объеме ПР при статическом положении; $p_{атм}$ — атмосферное давление; $F_э$ — эффективная площадь ПР; $V_{р.ст}$ — рабочий объем ПР при статическом положении; n — показатель политропы; u — параметр, управляющий жесткостью ПР и подчиненный условию $u = u_{max}$ или $u = u_{min}$.

Уравнение динамики активно управляемой пневмоподвески имеет следующий вид:

$$M\ddot{z} - (p_р - p_{атм})F_э +$$
$$+ Mg + \mathrm{sgn}(\dot{z} - \dot{q})(T + k(\dot{z} - \dot{q})^2) = 0. \qquad (10)$$

При разработке данной математической модели были приняты следующие допущения: рабочий газ является идеальным и подчиняется политропному процессу (n = 1,4); утечка воздуха отсутствует; трение без смазочного материала при перекатывании резинокордной оболочки (РКО) по поршню T = const; эффективная площадь при деформации ПР $F_э$ = const; соединение и разобщение рабочей и дополнительной полостей ПР в положениях, определенных алгоритмом регулирования (8), при смене направления деформации и скорости перемещения подрессоренной массы в цикле колебаний происходит мгновенно.

Расчеты были проведены при следующих исходных данных: M = 1500 кг; $p_{р.ст}$ = 0,42 МПа; $V_{р.ст}$ = 11 л; u_{max} = 1 и u_{min} = 0,5 (это соответствует $V_д$ = 11 л); $F_э$ = 0,047 м^2; k = 6600 Н · с^2/м^2; T = 150 Н.

На рис. 4 показаны амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) абсолютных колебаний подрессоренной массы на пневматической подвеске различной структуры без гидроамортизатора (ГА) и с ГА.

Из анализа данных кривых (рис. 4) видно, что регулирование жесткости упругой характеристики по предложенному алгоритму (кривая 3) по сравнению с нерегулируемыми вариантами ПР

gz1110.fm Page 5 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

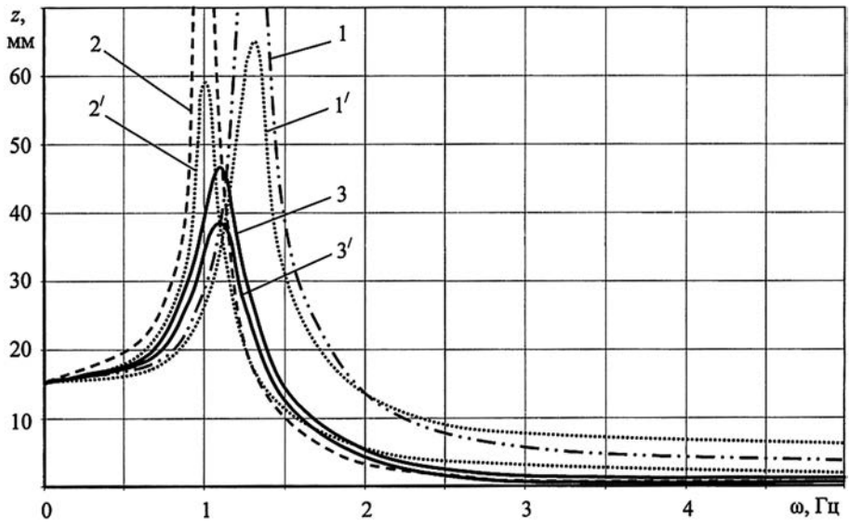


Рис. 4. АЧХ абсолютных колебаний подрессоренной массы на пневмоподвеске:

1 и 1′ — серийная ПР; 2 и 2′ — ПР с дополнительным объемом ($V_д = V_{р.ст}$); 3 и 3′ — ПР с регулируемой жесткостью по алгоритму (8): 1, 2 и 3 — без ГА; 1′, 2′ и 3′ — с ГА

(кривые 1 и 2) обеспечивает наилучшее гашение колебаний в области резонанса с коэффициентом виброзащиты, равным 3,2. Установка в пневмоподвеску ГА с небольшим сопротивлением обеспечивает дополнительное уменьшение резонансных колебаний на 20 %, в результате чего коэффициент виброзащиты уменьшается до 2,5 (кривая 3). При этом не происходит увеличения колебаний в зарезонансной зоне, что имеет место в случае совместной работы серийной ПР и ГА (кривые 1′ и 2′). В результате следует ожидать снижения потерь энергии в подвеске.

Из сравнения кривых 3′ и 2′ видно, что регулирование жесткости ПР приводит к незначительному увеличению собственной частоты колебаний подвески: с 1,0 до 1,1 Гц. Однако это практически не вызывает снижения виброзащитных свойств пневмоподвески в исследуемом диапазоне частот.

Таким образом, представленные результаты расчетов показывают, что регулирование жесткости упругого элемента по найденному с помощью принципа максимума Л. С. Понтрягина алгоритму (8) при совместной работе с гидроамортизатором обеспечивает высокие виброзащитные свойства пневматической подвески в широком диапазоне частот при одновременном снижении потерь энергии на колебания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Новиков, В. В.** Повышение эффективности подвески транспортного средства [Текст] / В. В. Новиков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — М.: Машиностроение, 2005. — № 9. — С. 29—32.
2. **Чернышов, К. В.** Определение условий оптимального управления демпфированием подвески АТС на основе принципа максимума Л. С. Понтрягина [Текст] / К. В. Чернышев, В. В. Новиков, И. М. Рябов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — М.: Машиностроение, 2006. — № 2. — С. 13—15.
3. **Новиков, В. В.** Определение оптимальных алгоритмов регулирования активно-управляемых пневматических подвесок [Текст] / В. В. Новиков, А. В. Поздеев // Грузовик. — 2010. — № 5. — С. 6—10.
4. **Болтянский, В. Г.** Математические методы оптимального управления [Текст] / В. Г. Болтянский. — М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1966. — 308 с.
5. **Понтрягин, Л. С.** Математическая теория оптимальных процессов [Текст] / Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко. — М.: Наука, 1976. — 392 с.
6. **Троицкий, В. А.** Оптимальные процессы колебаний механических систем [Текст] / В. А. Троицкий. — Л.: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1976. — 248 с.

gz1110.fm Page 6 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

УДК 621.787

В. В. Грушев,
к. т. н., доц.,
Ляшев Д. Н.,
инж.,
Читинск. гос. ун-т (г. Чита)
E-mail:
grushev.49@mail.ru

Деформационное наноконструирование поверхностного слоя деталей машин в процессе ультразвуковой обработки

Рассмотрены вопросы повышения эксплуатационных свойств изделия путем создания и регулирования нанокристаллической структуры поверхностного слоя в процессе ультразвуковой обработки.

Ключевые слова: *наноконструирование, дислокационная структура, ультразвуковая обработка, эксплуатационные свойства.*

Эффективным способом существенного повышения эксплуатационных свойств изделия в настоящее время становятся методы деформационного наноконструирования, направленные на создание наноразмерного структурного состояния металла по всему объему заготовки. Но на данном этапе развития теории и практики в области технологического обеспечения эксплуатационных свойств изделия методами наноконструирования количество и качество накопленных знаний не дают возможности в полной мере использовать эти методы для решения инженерных задач.

Одним из перспективных методов поверхностно-пластической деформации для модификации поверхности является технология упрочняюще-чистовой обработки — ультразвуковая финишная обработка (УФО). Создание нанокристаллической структуры в поверхностном слое на основе УФО позволяет существенно улучшить характеристики металлов и их сплавов. Этот метод характеризуется простотой и низкой себестоимостью. Наиболее широкое распространение при поверхностном наноконструировании получили: ультразвуковая дробеструйная обработка, ультразвуковая ударная обработка, обработка электронными пучками и т. д. Эти методы пластического поверхностного упрочнения обеспечивают существенное изменение дислокационной структуры в поверхностном слое обрабатываемых материалов, измельчение зерен до субмикро- и нанометровых размеров, увеличение углов разориентировки дислокационных фрагментов [1]. В результате поверхностное наноконструирование обеспечивает существенное увеличение прочностных характеристик (предела текучести, временного сопротивления, предела выносливости), коррозионной стойкости, значительное уменьшение шероховатости и другие свойства материалов.

В процессе эксплуатации под действием силовых, температурных и других факторов может происходить изменение структурного состояния. Как отмечается в работах многих авторов, вопросы стабильности и закономерностей эволюции наноразмерного состояния практически не исследованы, отсутствуют надежные методы оценки параметров состояния при варьировании технических режимов и схем реализации методов наноконструирования [2].

Эффект наноконструирования поверхностных слоев в большой степени зависит от первоначального структурного состояния материала, возможности превращения в процессе наноконструирования, наличия карбидосодержащих элементов и др.

В случае, когда материал проходит сложную термическую обработку, важное значение имеет по-

gz1110.fm Page 7 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

следовательность совмещения механического и термического воздействия. Ультразвуковую обработку можно проводить после закалки, старения и в промежутках между закалкой и старением.

Возможны различные схемы введения индентора в зону обработки ультразвуком, порядок и последовательность обработки, сочетания ультразвука и применяемых геоматериалов, использование УФО с электроискровым легированием.

При симбиозе УФО и электроискрового легирования возможны различные варианты их использования. Сначала поверхность металла легируют вольфрамом, а затем для повышения шероховатости ее обрабатывают по технологии УФО. Или сначала используется УФО с одновременной запрессовкой геомодификаторов, а затем производится электроискровое легирование и т. п.

Для учета всех выше перечисленных факторов, влияющих на эксплуатационные свойства изделия путем создания и регулирования нанокристаллических структур в поверхностных слоях в процессе ультразвуковой обработки, необходима оценка параметров структурного состояния на всех стадиях технологического процесса изготовления. В соответствии с положениями механики технологического наследования [3] в поверхностном слое изделия происходит непрерывное накопление деформаций и исчерпание запаса пластичности под действием характерной для каждой стадии программы изготовления.

В настоящее время имеется описание формирования и трансформации программ нагружения на операциях механической обработки и эксплуатации, закономерностей формирования свойств поверхностного слоя под действием этих программ нагружения. Отмечено, что наследственность нагружения оказывает влияние на формирование программ нагружения и накапливаемых свойств поверхностного слоя на последующих стадиях.

Наличие такого аналитического описания эволюции наноструктурного состояния позволит проектировать программы нагружения, обеспечивающие получение заданных параметров структурного состояния. Эти программы нагружения, обеспечивающие наноконструирование, могут быть заложены в основу разработки новых технологических методов деформационного наноконструирования поверхностного слоя деталей машин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Алехин, В. П.** Нанотехнологии поверхностной упрочняющей и финишной обработки деталей из конструкционных и инструментальных сталей [Текст] / В. П. Алехин, О. В. Алехин // Машиностроение и инженерное образование. — 2007. — № 4. — С. 2—13.
2. **Панин, В. Е.** Субструктурные и фазовые превращения при ультразвуковой обработке мартенситной стали [Текст] / В. Е. Панин, В. А. Клименов, В. П. Безбородов и др. // ФХОМ. — 1993. — № 6. — С. 77—83.
3. **Блюменштейн, В. Ю.** Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин [Текст] / В. Ю. Блюменштейн, В. М. Смелянский. — М.: Машиностроение-1, 2007. — 400 с.

gz1110.fm Page 8 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

УДК 621.9.06

А. Д. Назаров,
д-р техн. наук,
г. Мемфис
(США)
Тел.:
1-901-605-57-50

Общая методика расчета уравновешенности двигателей V-8 и массо-геометрических параметров противовесов их коленчатого вала

Приведены формулы, позволяющие расчетным путем определить фактическую уравновешенность двигателей V-8 и массогеометрические параметры противовесов их коленчатого вала при использовании в них исходных, конструктивно и технологически усовершенствованных деталей КШМ номинального и ремонтных размеров. При этом все условия, соблюдение которых обеспечивает действительную уравновешенность двигателей V-8, выполняются полностью. Это повышает основные качественные показатели двигателей.

Ключевые слова: *уравновешенность двигателей, коленчатый вал, противовесы, массогеометрические параметры, расчет.*

В настоящее время широко применяются V-образные восьмицилиндровые двигатели с углом развала цилиндров 90°. При этом они работают на всех видах топлива — бензине, дизельном топливе и газе. Такие двигатели устанавливают на грузовые автомобили, тракторы и комбайны различного назначения. Их используют на автобусах, легковых автомобилях специального назначения. Они также нашли широкое применение на разных тягачах, колесных и гусеничных военных машинах. Рассматриваемые двигатели используют и в качестве привода различных стационарных установок и агрегатов гражданского, военного и специального назначения. Все это обусловлено конструктивными особенностями, технологичностью изготовления, оптимальными технико-экономическими и экологическими показателями, высокой эксплуатационной надежностью, вероятностью безотказной работы (ВБР) и ремонтопригодностью рассматриваемых двигателей. Они имеют оптимальные монтажные зазоры в основных сопряжениях деталей КШМ и ЦПГ, обеспечивающие надежную их работу при пуске и на всех эксплуатационных режимах работы двигателей. У этих двигателей низкие эксплуатационные расходы и соответствующие требованиям действующих ТУ и стандартов показатели на вибрации, уровень шума и токсичность.

Основные качественные показатели двигателей, в том числе виброакустические, при прочих неизменных факторах и условиях, определяются действующими в них инерционными силами и их моментами. При этом главными источниками вибраций и шума всех конструкций и моделей двигателей являются гармонически изменяющиеся силы инерции первого и второго порядков от поступательно движущихся масс, центробежные силы инерции от масс вращающихся деталей КШМ, а также моменты этих сил. Перечисленные силы и моменты при прочих одинаковых условиях определяют также параметры изнашивания и неравномерности износа подшипников коленчатого вала и деталей ЦПГ, надежность, долговечность и ВБР двигателей. При этом наиболее изнашиваются коренные шейки и вкладыши коленчатого вала, гильзы цилиндров и юбка поршней двигателей. Следствием этого является рост скорости увеличения среднего зазора и коэффициента

gz1110.fm Page 9 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

неравномерности зазоров в коренных подшипниках коленчатого вала, между гильзой цилиндра и юбкой поршня двигателей. Надежность и ВБР современных автотракторных двигателей определяются зазорами и неравномерностью зазоров в коренных подшипниках коленчатого вала, между гильзой цилиндра и юбкой поршня [1]. Это следует учитывать при теоретических и экспериментальных исследованиях, расчетах влияния рассматриваемых сил и моментов на параметры изнашивания и неравномерности износа деталей КШМ и ЦПГ, скорость увеличения среднего зазора и коэффициент неравномерности зазоров в коренных подшипниках коленчатого вала, между гильзой цилиндра и юбкой поршня двигателей.

Следует отметить, что в одних конструкциях двигателей действуют все перечисленные выше неуравновешенные силы и моменты, в других — только определенная их часть, а в третьих — они вообще отсутствуют. Поэтому и основные качественные показатели, в том числе значения вибраций и уровня шума двигателей при прочих неизменных факторах и условиях, определяются действием в них всех рассматриваемых неуравновешенных сил и моментов или отдельных из них, а также их отсутствием.

В двигателях V-8 суммы номинальных значений сил инерции первого и второго порядков, вызываемых массой поступательно движущихся, а также центробежных сил инерции от масс вращающихся деталей КШМ, равны нулю. Равна нулю и сумма моментов от сил инерции второго порядка. Следовательно, в двигателях V-8 суммы моментов от сил инерции первого порядка и центробежных сил инерции, вызываемых соответственно массами поступательно движущихся и вращающихся деталей КШМ, не уравновешенны. Эти моменты действуют в одном и том же направлении, располагаются в одной плоскости и их векторы складываются алгебраически. Поэтому они создают действующий в двигателях V-8 и нарушающий их уравновешенность свободный суммарный неуравновешенный момент. Обычно этот момент полностью уравновешивают путем установки противовесов на продолжении отдельных или всех щек коленчатого вала.

При правильных и технически обоснованных расчетах и конструировании, определении массогеометрических параметров (МПГ) противовесов коленчатого вала, доводочных работах удается добиваться действительной уравновешенности двигателей V-8. Это позволяет обеспечить высокую надежность и ВБР, нахождение значений вибраций и уровня шума двигателей в допустимых по действующим ТУ и стандартам пределах. Такое положение действует только до тех пор, пока в двигателях V-8 применяют детали КШМ, предусмотренные для установки в них в процессе их первоначального проектирования и изготовления. Использование в двигателях V-8 ремонтных, конструктивно и технологически усовершенствованных деталей КШМ, масса которых больше номинальной, определенной при их проектировании, нарушает уравновешенность этих двигателей. Это сопровождается ухудшением основных качественных, в том числе виброакустических, показателей двигателей [2—4]. Изложенное указывает на необходимость разработки общей методики расчета и обеспечения уравновешенности двигателей V-8, определения МГП противовесов коленчатого вала, когда в них используют первоначальные, конструктивно и технологически усовершенствованные детали КШМ номинального и ремонтных размеров. Такая методика разработана автором и приведена ниже.

При проектировании, производстве и ремонте автотракторных двигателей, их коленчатого вала и других вращающихся деталей добиваются, чтобы они были полностью уравновешены и не имели статической, моментной и динамической неуравновешенностей. В зависимости от конструкции двигателей возможны все перечисленные неуравновешенности или

gz1110.fm Page 10 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

отдельные из них и при отсутствии отклонений параметров и остаточного дисбаланса деталей, оптимальных монтажных зазоров в сопряжениях. Это объясняется следующим. Обычно при расчете уравновешенности двигателей рассматривают, как было отмечено выше, гармонически изменяющиеся силы инерции первого и второго порядков от масс поступательно движущихся деталей, центробежную силу инерции от масс вращающихся деталей КШМ, а также моменты от упомянутых сил. При этом для обеспечения полной уравновешенности двигателей необходимо, чтобы суммы указанных сил и моментов, действующих в двигателях, равнялись нулю. В случае не соблюдения хотя бы одного из этих условий двигатель является неуравновешенным.

На практике расчет уравновешенности автотракторных двигателей производится исходя из номинальной массы деталей КШМ и размеров коленчатого вала, а также массы неуравновешенных частей коленчатого вала. При этом учитывают массы упомянутых деталей, предусмотренных в процессе первоначального проектирования двигателей. Такой подход необоснован и является причиной нарушения уравновешенности двигателей при их производстве и ремонте, когда в них устанавливают детали КШМ, масса которых отличается от номинальной. Объясняется это так. Ниже исследованы V-образные восьмицилиндровые двигатели с углом развала цилиндров 90°. Эти двигатели уравновешивают путем установки противовесов на продолжении отдельных или всех щек коленчатого вала. При удачной конструкции и достаточной технологичности двигателей, оптимальных их надежности и качестве предприятия-изготовители эти двигатели выпускают в течение продолжительного времени. В процессе длительного производства двигателей происходит постоянное конструктивное и технологическое усовершенствование деталей КШМ, в результате чего изменяется, а чаще всего увеличивается их масса. В этом случае для сохранения уравновешенности двигателей необходимо пропорциональное изменение МГП противовесов коленчатого вала. При ремонте двигателей в них устанавливают ремонтные поршни, поршневые кольца и шатунные вкладыши, масса которых больше номинальной. Это также требует соответствующего увеличения МГП указанных противовесов. Следовательно, при каждом увеличении массы даже отдельных деталей КШМ из-за конструктивного и технологического усовершенствования или использования этих деталей ремонтных размеров МГП противовесов коленчатого вала получается меньше требуемой. Вследствие этого при указанных условиях требуется пропорциональное увеличение МГП противовесов. Выполнение данного требования даже в условиях предприятий-изготовителей, не говоря о ремонтном производстве, вызывает большие трудности и практически невозможно. В связи с этим при серийном производстве двигателей изменения массы деталей КШМ не затрагивают массу и размеры коленчатого вала, в том числе МГП его противовесов. Это нарушает уравновешенность двигателей и затрудняет балансировку коленчатого вала и вала в сборе в условиях производства и особенно ремонта двигателей, осуществляемую высверливанием неуравновешенных масс из соответствующих противовесов вала.

При расчете и оценке уравновешенности двигателей массу неуравновешенных частей коленчатого вала определяют без учета наличия пробок грязесборника в каждой шатунной шейке. Это приводит к ошибочным результатам при расчете уравновешенности двигателей и определении МГП противовесов их коленчатого вала. Объясняется это так. Обычно грязесборник в шатунных шейках коленчатого вала двигателей V-8 имеет две пробки, и его выполняют симметричным относительно плоскости, проходящей через середину упомянутых шеек. Тогда пробки вызывают неуравновешенные массы, пропорциональные их номинальной массе. Рассматриваемые неуравновешенные массы приводят к появлению неуравновешенных центробежных сил инерции и их моментов, нарушающих уравновешенность двигателей.

На уравновешенность работающего двигателя влияет также масса смазочного масла в полости грязесборника в шатунных шейках коленчатого вала. Рассматриваемая масса вызывает неуравновешенные центробежные силы инерции и их моменты, нарушающие уравновешенность двигателей. Это не учитывают при расчете уравновешенности двигателей и определении МГП противовесов их коленчатого вала.

Балансировку коленчатого вала в обеих плоскостях коррекции, вала в сборе с маховиком и в сборе с маховиком и сцеплением в плоскости шкива производят путем высверливания неурав-

gz1110.fm Page 11 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

новешенных масс, вызывающих дисбалансы этих сборочных единиц, из соответствующих противовесов. Поэтому от точности расчета МГП противовесов коленчатого вала зависит не только уравновешенность двигателей V-8, но и точность, возможность и качество балансировки вала и вала в сборе. Уравновешивание рассматриваемых двигателей производят путем установки противовесов на продолжении всех и крайних щек, 1, 2, 7 и 8-й, а также 1, 2, 3, 6, 7 и 8-й щек коленчатого вала [5].

Это позволяет несколько уменьшить массу коленчатого вала, длину блока цилиндров и картера двигателя. В данном случае крайние коренные подшипники коленчатого вала практически полностью разгружаются от действия местных центробежных сил инерции и их моментов, а средние — частично. Это способствует снижению скорости изнашивания и неравномерности износа коренных шеек и вкладышей коленчатого вала.

Установлено, что средние коренные шейки коленчатого вала двигателей V-8 рабочими объемами 4,25 и 6 л в процессе эксплуатации изнашиваются больше, чем крайние [5]. Коренные шейки и вкладыши коленчатого вала упомянутых двигателей изнашиваются неравномерно. Наиболее изнашиваются соответственно 3-я и 4-я коренные шейки коленчатого вала двигателей объемом 4,25 и 6 л. Коэффициенты неравномерности износа коренных шеек и зазоров в коренных подшипниках коленчатого вала двигателей рабочим объемом 4,25 л, поступивших в первый капитальный ремонт, изменяются в диапазонах 1,1—1,6 и 1,1—1,4 соответственно при математических ожиданиях 1,25 и 1,22 [5]. Изложенное подтверждает правильность приведенного выше теоретического анализа. Следовательно, при исследуемых способах размещения противовесов средние коренные подшипники коленчатого вала двигателей V-8 не разгружены от действия местных центробежных сил инерции и их моментов. Это приводит к увеличению скорости изнашивания и неравномерности износа указанных подшипников, что является недостатком анализируемых способов уравновешивания двигателей V-8. Компенсировать данный недостаток можно тщательной балансировкой коленчатого вала и вала в сборе, подбором по массе комплекта деталей КШМ, оптимизацией монтажного зазора и его неравномерности в коренных подшипниках, отклонений формы и взаимного расположения последних при производстве и ремонте двигателей. Это снижает скорость изнашивания и неравномерность износа коренных подшипников коленчатого вала, в том числе средних.

При всех способах уравновешивания двигателей V-8 в процессе их проектирования и изготовления МГП противовесов коленчатого вала должны обеспечить соблюдение условий

$$\bar{M}_{\text{в}} = -\bar{M}_R; \qquad (1)$$

$$\alpha_{\text{в}} = \alpha_R = 18°26'; \qquad (2)$$

$$m_{\text{в}i} = m_{\text{в}(9-i)};\ \rho_i = \rho_{(9-i)}; \qquad (3)$$

$$m_{\text{в}j} = m_{\text{в}(9-j)};\ \rho_j = \rho_{(9-j)}; \qquad (4)$$

$$m_{\text{в}i}\rho_i = m_{\text{в}(9-i)}\rho_{(9-i)}; \qquad (5)$$

$$m_{\text{в}j}\rho_j = m_{\text{в}(9-j)}\rho_{(9-j)}; \qquad (6)$$

$$\alpha_i = \alpha_{(9-i)};\ \beta_j = \beta_{(9-j)}; \qquad (7)$$

$$\varphi_i = \varphi_{(9-i)};\ \varphi_j = \varphi_{(9-j)}; \qquad (8)$$

$$\sum_1^{q_{\text{п}}} \bar{P}_{\text{в}i} = 0;\ \sum_1^{q_{\text{п}}} \bar{P}_{\text{в}j} = 0; \qquad (9)$$

$$\bar{P}_{\text{в}} = \sum_1^{q_{\text{п}}} \bar{P}_{\text{в}i} + \sum_1^{q_{\text{п}}} \bar{P}_{\text{в}j} = 0; \qquad (10)$$

$$\bar{P}_R = \sum_1^{q_{\text{ш}}} \bar{R} = 0; \qquad (11)$$

$$\bar{P}_{\text{в}} = -\bar{P}_R, \qquad (12)$$

gz1110.fm Page 12 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

где $M_в$ — суммарный момент центробежных сил инерции от МГП противовесов коленчатого вала; M_R — действующий в двигателях V-8 свободный суммарный неуравновешенный момент, соответствующий номинальной массе деталей КШМ, используемых в них; $\alpha_в$ и α_R — углы действия моментов $M_в$ и M_R; $m_{вi}$, $m_{в(9-i)}$, $m_{вj}$, $m_{в(9-j)}$ — массы противовесов, находящихся на продолжении i-ой, $(9-i)$-ой, j-ой и $(9-j)$-ой щек коленчатого вала; ρ_i, $\rho_{(9-i)}$, ρ_j и $\rho_{(9-j)}$ — расстояния от оси вращения коленчатого вала до центра тяжести масс $m_{вi}$, $m_{в(9-i)}$, $m_{вj}$ и $m_{в(9-j)}$; α_i и $\alpha_{(9-i)}$ — углы между плоскостями находящихся на продолжении i-ой и $(9-i)$-ой щек коленчатого вала противовесов и 1, 4-го его кривошипов; β_j и $\beta_{(9-j)}$ — углы между плоскостями расположенных на продолжении j-ой и $(9-j)$-ой щек вала противовесов и 2, 3-го его кривошипов; φ_i, $\varphi_{(9-i)}$, φ_j и $\varphi_{(9-j)}$ — углы сектора находящихся на продолжении i-ой, $(9-i)$-ой, j-ой и $(9-j)$-ой щек коленчатого вала противовесов; $j = i+2$; $q_п = 0{,}5q_в$ (здесь $q_в$ — число противовесов коленчатого вала); $P_{вi}$ и $P_{вj}$ — центробежные силы инерции, вызываемые МГП размещенных на продолжении i-ой и j-ой щек коленчатого вала противовесов и действующие на вал в плоскостях этих противовесов; $P_в$ — суммарная центробежная сила инерции от МГП противовесов, действующая на коленчатый вал; R — равнодействующая сил инерции первого порядка и центробежных сил инерции, вызываемых соответственно суммарными массами поступательно движущихся и вращающихся деталей КШМ, действующая на каждую шатунную шейку коленчатого вала двигателей V-8; P_R — суммарная сила, определяемая как геометрическая сумма сил R и действующая на коленчатый вал; $q_ш$ — число шатунных шеек коленчатого вала исследуемых двигателей. Для двигателей V-8 имеем $q_ш = 4$.

Значения сил $P_{вi}$, $P_{вj}$ и R составляют

$$P_{вi} = \omega^2 m_{вi}\rho_i;\ P_{вj} = \omega^2 m_{вj}\rho_j; \qquad (13)$$

$$R = r\omega^2(m_j + 2m_R + m_к + 2к_р m_р + к_м m_м), \qquad (14)$$

где ω и r — угловая скорость и радиус кривошипа коленчатого вала; m_j и m_R — суммарные массы поступательно движущихся и вращающихся деталей КШМ; $m_к$ — масса неуравновешенных частей колена вала; $к_р$ и $к_м$ — постоянные безразмерные конструктивные коэффициенты; $m_р$ — масса пробки грязесборника в шатунных щеках коленчатого вала; $m_м$ — масса смазочного масла в полости шатунных шеек коленчатого вала работающего двигателя.

Значения указанных конструктивных коэффициентов

$$к_р = r_р r^{-1};\ к_м = r_м r^{-1}, \qquad (15)$$

где $r_р$ — расстояние от оси вращения коленчатого вала до центра тяжести указанной пробки грязесборника; $r_м$ — расстояние от оси вращения коленчатого вала до центра тяжести грязесборника в его шатунных шейках.

В общем случае значения суммарного момента $M_в$ центробежных сил инерции от МГП противовесов коленчатого вала и угла $\alpha_в$ его действия рассчитывают по формулам

$$M_в = m_{в1}\rho_1\omega^2\left[\left(\sum_1^{q_п} в_i\cos\alpha_i + \sum_1^{q_п} в_j\sin\beta_j\right)^2 + \left(\sum_1^{q_п} в_i\sin\alpha_i + \sum_1^{q_п} в_j\cos\beta_j\right)^2\right]^{0,5}; \qquad (16)$$

$$\operatorname{tg}\alpha_в = \left(\sum_1^{q_п} в_i\cos\alpha_i + \sum_1^{q_п} в_j\sin\beta_j\right) \times \left(\sum_1^{q_п} в_i\sin\alpha_i + \beta_j\cos\beta_j\right)^{-1}, \qquad (17)$$

где $m_{в1}$ — масса расположенного на продолжении первой щеки коленчатого вала противовеса; ρ_1 — расстояние от оси вращения коленчатого вала до центра тяжести массы $m_{в1}$; $q_р = 0{,}25q_в$; $в_i$ и $в_j$ — постоянные конструктивные параметры (коэффициенты).

Значения указанных параметров (коэффициентов) составляют

$$в_i = к_{(i-1)} l_{вi};\ в_j = к_{(j-1)} l_{вj}, \qquad (18)$$

где $к_{(i-1)}$ и $к_{(j-1)}$ — постоянные безразмерные конструктивные коэффициенты; $l_{вi}$ — расстояние между i-ым и $(9-i)$-ым противовесами коленча-

gz1110.fm Page 13 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

того вала; $l_{вj}$ — расстояние между j-ым и $(9-j)$-ым противовесами.

Индексы коэффициентов $к_{(i-1)}$ и $к_{(j-1)}$ в равенствах (18)

$$i \geqslant 2; j \geqslant 4. \qquad (19)$$

С учетом соотношений (19) значения рассматриваемых коэффициентов определяют, используя выражения

$$\left.\begin{aligned} к_i &= m_{в(i+1)}\rho_{(i+1)}/m_{в1}\rho_1; \\ к_j &= m_{в(j+1)}\rho_{(j+1)}/m_{в1}\rho_1, \end{aligned}\right\} \qquad (20)$$

где $m_{в(i+1)}$ и $m_{в(j+1)}$ — массы находящихся на продолжении $(i+1)$-й и $(j+1)$-й щек коленчатого вала противовесов; $\rho_{(i+1)}$ и $\rho_{(j+1)}$ — расстояния от оси вращения коленчатого вала до центра тяжести масс $m_{в(i+1)}$ и $m_{в(j+1)}$.

Для индексов масс $m_{в(i+1)}$ и $m_{в(j+1)}$, а также расстояний $\rho_{(i+1)}$ и $\rho_{(j+1)}$ имеют место соотношения

$$i \geqslant 1; \quad j \geqslant 3. \qquad (21)$$

Значение свободного суммарного неуравновешенного момента M_R, действующего в двигателях V-8 и нарушающего их уравновешенность, определяют по уравнению

$$M_R = в\omega^2(m_j + 2m_R + m_к + 2к_р m_р + к_м m_м), \qquad (22)$$

где в — постоянный конструктивный коэффициент.

Значение указанного коэффициента вычисляют по выражению

$$в = 3{,}162 r l_2, \qquad (23)$$

где l_2 — расстояние между серединами двух соседних шатунных шеек коленчатого вала по оси его вращения.

Момент M_R является свободным и неуравновешенным, действует в плоскости, опережающей плоскость первого кривошипа коленчатого вала на 18°26′, вращается вместе с валом и при неизменной его угловой скорости имеет постоянное значение. Значения момента M_R и угла α_R его действия не зависят от количества, схемы расположения и МГП противовесов коленчатого вала. Поэтому упомянутый угол всегда равен 18°26′. Условия (2) полностью удовлетворяются только при наличии уравнения

$$\sum_1^{q_п}(к_{(i-1)} + к_{(8-i)})l_{вi}\sin\alpha_i + \sum_1^{q_п}(к_{(j-1)} + к_{(8-j)})l_{вj}\cos\beta_j = 3\left[\sum_1^{q_п}(к_{(i-1)} + к_{(8-i)})l_{вi}\cos\alpha_i + \sum_1^{q_п}(к_{(j-1)} + к_{(8-j)})l_{вj}\sin\beta_j\right]. \qquad (24)$$

С учетом необходимости удовлетворения требований (1)—(12) и, основываясь на выражениях (13), (14), (16), (17), (22) и (24), выведены формулы для расчета массы противовесов коленчатого вала, которые для общего случая имеют вид

$$m_{в1} = 3{,}162 a r \rho_1^{-1}(m_j + 2m_R + m_к + 2к_р m_р + к_м m_м); \qquad (25)$$

$$m_{в(i+1)} = 3{,}162 к_i a r \rho_{(i+1)}^{-1} \times (m_j + 2m_R + m_к + 2к_р m_р + к_м m_м), \qquad (26)$$

где a — безразмерный постоянный конструктивный коэффициент.

В общем случае коэффициент

$$a = 2\left\{\left[\sum_1^{q_п}(к_{(i-1)} + к_{(8-i)})a_{вi}\cos\alpha_i + \sum_1^{q_п}(к_{(j-1)} + к_{(8-j)})a_{вj}\sin\beta_j\right]^2 + \left[\sum_1^{q_п}(к_{(i-1)} + к_{(8-i)})a_{вi}\sin\alpha_i + \sum_1^{q_п}(к_{(j-1)} + к_{(8-j)})a_{вj}\cos\beta_j\right]^2\right\}^{0,5}, \qquad (27)$$

где $a_{вi}$ и $a_{вj}$ — постоянные безразмерные конструктивные коэффициенты.

gz1110.fm Page 14 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

Коэффициенты $a_{вi}$ и $a_{вj}$ вычисляют по соотношениям

$$a_{вi} = l_{вi} l_2^{-1}; a_{вj} = l_{вj} l_2^{-1}. \quad (28)$$

Расчет массы противовесов коленчатого вала по зависимостям (25) и (26) обеспечивает удовлетворение требований (3)—(6). При этом оси симметрии сектора противовесов с массами $m_{вi}$ и $m_{в(9-i)}$ должны располагаться в одной плоскости, проходящей через ось вращения коленчатого вала, быть направлены в противоположные стороны и перпендикулярны к оси вращения. Аналогичное должно иметь место для оси симметрии сектора противовесов с массами $m_{вj}$ и $m_{в(9-j)}$. В случае обеспечения этих требований и с учетом формул (13), (25) и (26) условия (9) и (10) также удовлетворяются.

В двигателях V-8 с углом развала цилиндров 90° 1-й и 4-й кривошипы коленчатого вала находятся в одной плоскости, а 2-й и 3-й — в другой, перпендикулярной к первой. На каждую шатунную шейку коленчатого вала этих двигателей действует сила R, направленная по радиусу его кривошипов и перпендикулярная к оси вращения. Ее значение для всех четырех кривошипов коленчатого вала одинаково. При этом силы R, действующие на 1 и 4-й кривошипы коленчатого вала, располагаются в одной плоскости, направлены в противоположные стороны и взаимно уравновешиваются. Тоже происходит с этими силами, действующими на 2 и 3-й кривошипы коленчатого вала. Тогда условия (11) соблюдаются. Имея в виду это и изложенное выше, требование (12) также удовлетворяется.

Во время проектирования двигателей углы φ_i, $\varphi_{(9-i)}$, φ_j и $\varphi_{(9-j)}$ секторы противовесов коленчатого вала устанавливают расчетным путем, исходя из их массы, радиуса и толщины. Поэтому требования (8) легко обеспечиваются.

Используя выражения (1)—(28) и приведенные выше положения для общего случая определяют уравновешенность двигателей V-8 и МПГ противовесов их коленчатого вала. Основываясь на них, можно вывести формулы, позволяющие рассчитать уравновешенность рассматриваемых двигателей, а также МПГ противовесов коленчатого вала для всех возможных на практике их количества, способах размещения и углов расположения.

Приведенные зависимости и положения справедливы для условий первоначального проектирования и изготовления двигателей V-8, а также в случае использования в них ремонтных, конструктивно и технологически усовершенствованных деталей КШМ.

Если в соответствующие из приведенных выше формул подставлять номинальную массу исходных деталей КШМ, то получим математические зависимости для определения уравновешенности двигателей и МГП противовесов их коленчатого вала во время первоначального проектирования и изготовления двигателей V-8. Рассматриваемые уравнения в представленном выше виде применимы и в случае установки в двигатели ремонтных и усовершенствованных деталей КШМ. По ним определяют уравновешенность двигателей V-8 и МГП противовесов коленчатого вала.

При расчетах в процессе первоначального проектирования и изготовления двигателей V-8 значения масс m_j и m_R необходимо рассчитывать по зависимостям

$$m_j = m_п + m_{пк} + m_{ск} + m_{шп}; \quad (29)$$

$$m_R = m_{шк} + m_{вк}, \quad (30)$$

где $m_п$, $m_{пк}$, $m_{ск}$, $m_{вк}$, $m_{шп}$ и $m_{шк}$ — номинальная масса поршня, комплекта поршневых колец, стопорных колец, шатунных вкладышей, верхней и нижней головок шатуна, предусмотренная при первоначальном проектировании двигателей.

Если в двигателях используют ремонтные, конструктивно и технологически усовершенствованные детали КШМ, то значения рассматриваемых масс следует определять по выражениям

$$m_j = m_п + m_{пк} + m_{ск} + m_{шп} + \\ + \Delta m_п + \Delta m_{шп} + \Delta m_{прi} + \Delta m_{крi}; \quad (31)$$

$$m_R = m_{шк} + m_{вк} + \Delta m_{шк} + \Delta m_{шрi}, \quad (32)$$

где $\Delta m_п$, $\Delta m_{шп}$ и $\Delta m_{шк}$ — разность масс поршня, верхней и нижней головок шатуна после их усовершенствования и первоначальной; $\Delta m_{прi}$ и $\Delta m_{крi}$ — разность масс поршня и комплекта поршневых колец i-ого ремонтного и номинального размеров; $\Delta m_{прi}$ — неуравновешенная масса, появляющаяся на оси каждой шатунной шейки

gz1110.fm Page 15 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

коленчатого вала при замене шатунных вкладышей номинального размера на *i*-ый ремонтный.

Значение упомянутой неуравновешенной массы вычисляют по выражению

$$\Delta m_{\text{шр}i} = 2\pi d_{\text{ш}} в_{\text{ш}} h_{\text{ш}i}(\rho_{\text{к}} - \rho_{\text{ш}}), \qquad (33)$$

где $d_{\text{ш}}$ — диаметр шатунной шейки коленчатого вала; $в_{\text{ш}}$ — ширина шатунных вкладышей; $h_{\text{ш}i}$ — разность толщин шатунных вкладышей *i*-ого ремонтного и номинального размеров; $\rho_{\text{к}}$ и $\rho_{\text{ш}}$ — плотность материалов коленчатого вала и антифрикционного слоя шатунных вкладышей.

Вывод. Основываясь на формулах (13)—(33) и изложенных выше положениях можно расчетным путем определить уравновешенность двигателей V-8 и МГП противовесов их коленчатого вала при установке в них первоначальных, а также конструктивно и технологически усовершенствованных деталей КШМ номинального и ремонтных размеров. При этом условия (1)—(12) полностью соблюдаются и, как следствие, обеспечивается действительная уравновешенность исследуемых двигателей в условиях их производства и ремонта. Это повышает основные качественные показатели новых и капитально отремонтированных двигателей, что имеет большое научное и практическое значение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Назаров, А. Д.** Теоретические основы определения и оценки некоторых показателей надежности автотракторных двигателей [Текст] / А. Д. Назаров // Грузовик &. — 2007. — № 11. — С. 23—26.
2. **Назаров, А. Д.** Влияние увеличения массы деталей кривошипно-шатунного механизма на показатели изнашивания подшипников коленчатого вала и ресурс двигателей [Текст] / А. Д. Назаров // Трение и износ, том 16. — 1995. — № 2. — С. 227—237.
3. **Назаров, А. Д.** Повышение основных качественных показателей двигателей V-8 обеспечением их фактической уравновешенности [Текст] / А. Д. Назаров // Грузовик &, 2006. — № 6. — С. 57—63.
4. **Назаров, А. Д.** Повышение долговечности и улучшение виброакустических показателей двигателей [Текст] / А. Д. Назаров // Вестник машиностроения. — 2002. — № 7. — С. 7—11.
5. **Назаров, А. Д.** Дисбалансы автотракторных двигателей: определение и нормирование. — М.: Машиностроение, 1992. — 272 с.
6. **Назаров, А. Д.** Нагруженность и неравномерное изнашивание коренных подшипников коленчатого вала двигателей [Текст] / А. Д. Назаров // Грузовик &. — 2006. — № 5. — С. 40—43.
7. **Назаров, А. Д.** Оценка износа и неравномерности изнашивания рабочей поверхности коренных шеек коленчатого вала двигателей [Текст] / А. Д. Назаров // Грузовик &. — 2006. — № 10. — С. 18—21.

"КАМАЗ" отправил самосвалы в Саратов

20 октября из Набережных Челнов состоялась отправка крупной партии дорожно-строительной техники "КАМАЗ". 21 самосвал КАМАЗ-65115, оснащенный двигателем КАМАЗ, работающий на природном газе (метане) и соответствующий экологическому уровню Евро-4, получило дорожное хозяйство г. Саратова.

Поставка самосвалов, оснащенных фирменными камазовскими газодизельными двигателями, проходила в рамках исполнения муниципального контракта Комитета дорожного хозяйства администрации г. Саратова. Сегодня это — самая крупная партия дорожно-строительной техники с экологичными двигателями, соответствующими стандартам Евро-4, реализованная на территории нашей страны. Техника подготовлена специалистами компании "РариТЭК", официального дилера ОАО "КАМАЗ".

У компании уже имеется опыт комплектования муниципальных автопарков техникой КАМАЗ с установленным фирменным газодизельным оборудованием с электронным управлением. В начале 2010 г. автотранспортному хозяйству Краснодара была поставлена партия из 32 автобусов НЕФАЗ для городских пассажирских перевозок.

ОАО "КАМАЗ" проводит динамичную политику по созданию экологичной техники для индустрии городских пассажирских перевозок и дорожно-строительного хозяйства федерации. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан признало ОАО "КАМАЗ" одним из победителей ежегодного республиканского конкурса "ЭКОлидер" по итогам 2009 г. Звание лауреата присуждено компании в номинации "За эффективную экологическую программу".

Несмотря на кризисные явления в мировой экономике, ОАО "КАМАЗ" в полном объеме реализует свои программы создания и продвижения экологически безопасной техники на российский рынок.

(Департамент по связям с общественностью ОАО "КАМАЗ")

gz1110.fm Page 16 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

УДК
621.791.927.55

В. В. Козырев,
Л. В. Козырева,
Н. Н. Чупятов,
И. Б. Рыбаков,
Тверск. гос. сельскохоз. акад. (г. Тверь)
E-mail:kosyrew-tgsxa@rambler.ru

Применение металлизированных материалов на основе технической керамики для ремонтных производств

Описан процесс металлизации порошков и волокон технической керамики, применяемых для получения износостойких покрытий при восстановлении деталей.

Ключевые слова: *техническая керамика, металлизация, износостойкое покрытие.*

В последние годы сохраняется тенденция снижения технического потенциала отраслей, производящих и эксплуатирующих автотракторную технику. Происходит увеличение нагрузки на работающие машины и механизмы, что повышает затраты на ремонт путем повышения расхода запасных частей и расширения их номенклатуры.

Важным резервом снижения стоимости ремонта является широкое использование восстановленных деталей, однако в современных условиях их удельный объем составляет не более 9 % объема поставки новых запасных частей. Такое положение объясняется прежде всего низким качеством восстановленных деталей при их высокой стоимости. Большинство ремонтных производств располагает набором серийного оборудования для различных способов восстановления деталей, однако небольшие объемы работ и высокая стоимость исходных материалов не позволяют его эффективно использовать.

Одним из перспективных направлений при решении обозначенных задач является применение порошков и волокон технической керамики. Основным препятствием, сдерживающим использование таких материалов, является низкая прочность сцепления материала покрытия с подложкой. В этой связи практический интерес представляют порошки и волокна технической керамики, металлизированные газофазным способом с использованием металлоорганических соединений (МОС) и химическим восстановлением металлов из растворов с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ).

В первом случае нанесение покрытий осуществляли по схеме, приведенной на рис. 1.

Металлизацию порошков выполняли на специальной установке (рис. 2). При этом порошки перемешивали в полости барабана, пары МОС поступали из испарителя. В качестве несущего газа использовали газовую смесь, образовавшуюся при разложении МОС.

Для специализированных ремонтных предприятий и участков с небольшими объемами восстановления и разнообразной номенклатурой целесообразно применять металлизированные волокна для получения износостойких покрытий с использованием серийного оборудования и композиционных материалов с арми-

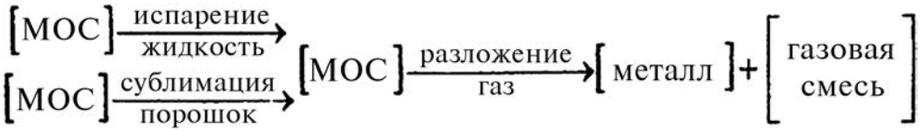


Рис. 1. Схема газофазного процесса металлизации порошков с использованием МОС

gz1110.fm Page 17 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

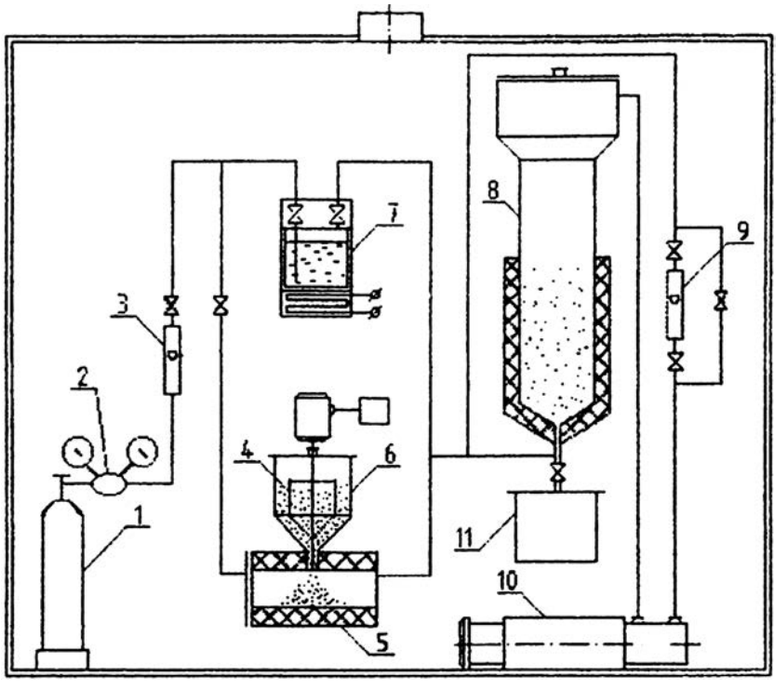


Рис. 2. Схема установки для металлизации:

1 — баллон с CO; 2 — редуктор; 3, 9 — расходомеры; 4 — импульсный прерыватель; 5 — сублиматор; 6 — дозатор; 7 — испаритель; 8 — реактор; 10 — вакуумный насос; 11 — бункер-накопитель

рующими наполнителями. Схема установки для металлизации волокон приведена на рис. 3.

Покрытия наносили при температуре от 70 до 650 °С (в зависимости от вида МОС и концентрации реагентов). В качестве исходных продуктов для осаждения исследовали МОС никеля, хрома, железа, меди и их смесей как наиболее перспективные для обеспечения эксплуатационных свойств восстановленных деталей, доступности и стоимости.

Лучшие результаты по показателям сцепления получены при использовании парогазовой смеси на основе никеля с добавками дикетоната меди в оксиде углерода.

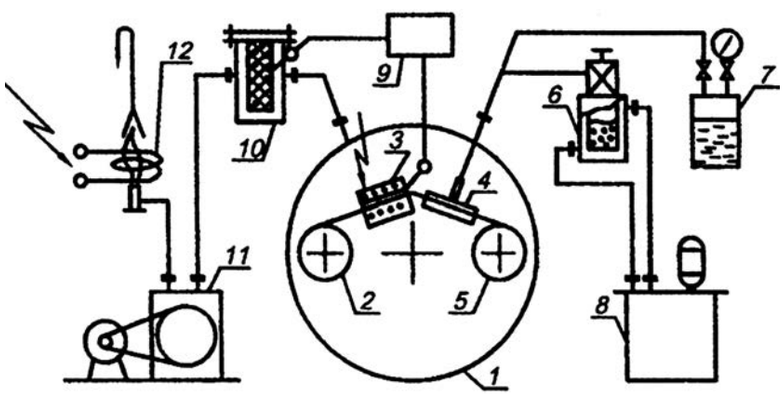
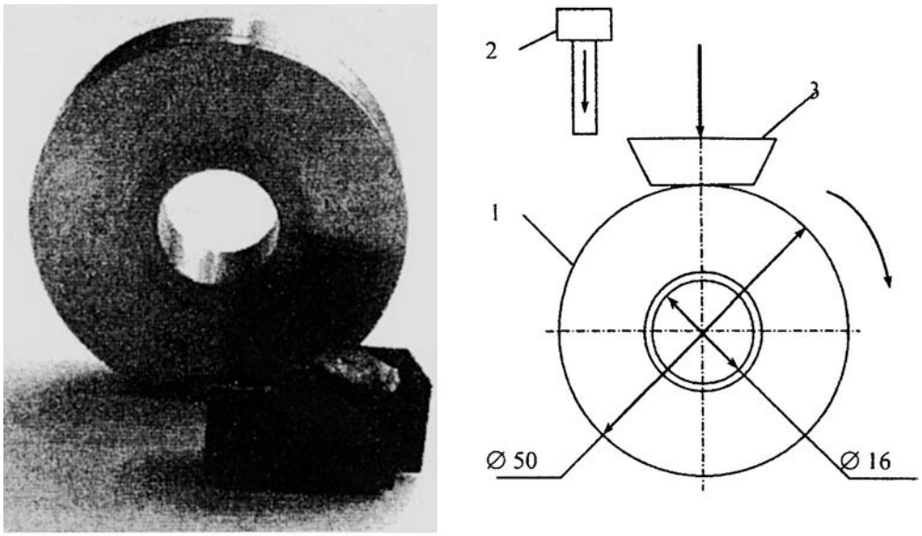


Рис. 3. Схема установки для металлизации волокон:

1 — реактор; 2, 5 – смоточный и намоточный барабаны; 3 — система электронагрева; 4 — распределитель паров МОС; 6, 7 — емкости с исходным реагентом (МОС); 8 — термостат; 9 — потенциометр; 10 — фильтр; 11 — вакуумный насос; 12 — печь дожига



а) б)

Рис. 4. Образцы типа диск—колодка для испытания покрытий на износостойкость:
а — общий вид; б — схема испытаний; 1 — диск; 2 — штуцер подачи абразива; 3 — колодка

Разработанный процесс является экологически чистым, поскольку осуществляется по замкнутому циклу и легко поддается автоматизации. Единственным препятствием, сдерживающим его внедрение, является высокая стоимость технологического оборудования, так как в условиях функционирования ремонтных предприятий при небольших программах ремонта срок окупаемости достигает нескольких лет.

Этот недостаток можно устранить, применяя способ химической металлизации волокон, при котором все необходимое оборудование изготовляют непосредственно на ремонтном предприятии.

При металлизации покрытие образуется вследствие химической реакции взаимодействия ионов металлов с растворенным восстановителем.

Осаждение никелевого покрытия происходит по реакции:

$$Ni^{2+} + 2H_2PO_2^- + 2H_2O \xrightarrow{Ni}$$

$$\rightarrow Ni + 2HPO_3^{2-} + H_2 + 4H^+.$$

Одновременно протекают сопутствующие реакции с выделением фосфора

$$4H_2PO_2^- + 2H^+ \rightarrow 2P + 2H_2PO_3^- + H_2 + 2H_2O$$

и разложением гипофосфита

$$H_2PO_2^- + H_2O \xrightarrow{Ni} H_2PO_3^- + H_2.$$

Данный раствор стабилен, прост по составу и может быть произведен в условиях любой лаборатории.

Применение ПАВ способствует формированию сплошного и равномерного покрытия вследствие адсорбции на поверхность волокон твердой фазы прочно закрепленных слоев ориентированных молекул, при этом смачивание позволяет улучшить показатели сцепления покрытия с подложкой. При получении композиционных материалов применение ПАВ позволяет получить армирующий наполнитель, совместимый с материалом матрицы.

Физико-механические свойства полученных покрытий исследовали при обоих способах металлизации. Испытания на износостойкость проводили на машине трения СМЦ-2 для образцов типа диск—колодка (рис. 4). Полученные результаты идентичны.

На первом этапе внедрения разработаны и апробированы композиционные материалы на основе полиамидов с применением в качестве армирующего наполнителя металлизированной керамики до 30 % по массе. Полученные материалы

gz1110.fm Page 19 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

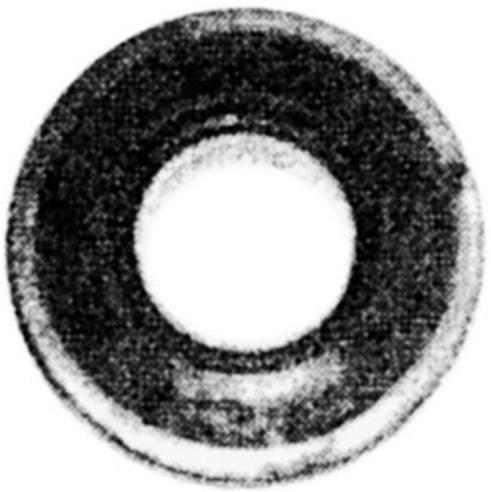


Рис. 5. Внешний вид восстановленного подшипника

использовали для восстановления подшипников, работающих в агрессивных средах и условиях ограниченного поступления смазочного материала. Результаты эксплуатационных испытаний подшипников (рис. 5), установленных в опоры скольжения навозоуборочных транспортеров ТСН-160А и ТСН-3Б, показали, что их ресурс в 3—5 раз (в зависимости от состава композиционного материала и условий эксплуатации) выше, чем у серийных.

Применение металлизированных порошков для получения плазменных покрытий обеспечивает прочность сцепления покрытий с подложкой до 160 МПа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Астахов, А. С.** Применение технической керамики в сельскохозяйственном производстве [Текст] / А. С. Астахов, Д. С. Буклагин, И. Г. Голубев — М.: Агропроиздат, 1988. — 64 с.
2. **Сыркин, В. Г.** Газофазная металлизация через карбонилы [Текст] / В. Г. Сыркин. — М.: Металлургия, 1985. — 264 с.
3. **Козырев, В. В.** Металлоорганические соединения в машиностроении и ремонтном производстве [Текст] / В. В. Козырев. — Тверь: Студия-С, 2003. — 160 с.

Вниманию читателей!

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

gz1110.fm Page 20 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

УДК 621.9

Г. А. Околович,
А. Г. Околович
Алтайск. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)
E-mail: mitom@mail.altstu.ru

Новые технологии изготовления стальных поршневых колец

Разработана технология изготовления стальных поршневых колец методом холодной пластической деформации при волочении. Определены режимы термообработки при рекристаллизационном отпуске, термофиксации и термостабилизации. Выполнен расчет степени пластической деформации при волочении. Обоснован выбор инструментальных сталей. Исследованы способы химико-термической обработки волочильных роликов и стальных поршневых колец.

Ключевые слова: *стальные поршневые кольца, волочение, деформация, термическая обработка, рекристаллизация, термостабилизация, термофиксация, карбонитрация, износостойкость, инструмент, ролики, полигонизация, дислокация*

Основным материалом для изготовления поршневых колец (ПК) служит чугун. По строению металлической основы чугун близок к стали, но он существенно отличается от нее своим строением. Его металлическая основа пронизана микропорами, заполненными графитом. Наличие микропор в чугуне несколько снижает его механические свойства по сравнению со сталью, но вместе с тем делает более износостойким, так как свободные включения графита служат своеобразной смазкой сопряженных поверхностей [1, 2]. Однако это преимущество в ПК не реализуется при эксплуатации двигателей, так как рабочие поверхности колец для повышения износостойкости покрываются хромом толщиной 0,8—1,5 мм, а после износа хромированного слоя кольца практически непригодны к работе.

Во всем мире производители двигателей внутреннего сгорания (ДВС) постоянно ведут поиск новейших технологий в изготовлении деталей цилиндропоршневой группы. Одно из направлений — это изготовление ПК из стального проката, которые по отношению к чугунным обладают уникальными свойствами [3]. Иное применение стали как материала для ПК возникло с созданием стальных пластинчатых колец. Исходным материалом служит тянутая или катаная стальная лента либо плоская проволока относительно небольшой толщины, из которой изготовляются имеющие форму ПК пластинки, устанавливаемые одна на другую по несколько штук в одну канавку поршня. Такая конструкция колец выдвигает много новых проблем не только из-за многочисленности применяемых конструктивных форм, но и из-за используемых материалов. В то же время стальные пластинчатые кольца не могут применяться в качестве уплотнительных колец в верхних канавках поршня [4].

Известен способ изготовления кольцевых упругих элементов протягиванием стальной проволоки через профильные волочильные ролики, обжатием 40—60 %, навивкой на оправку и отпуском при 280—300 °С [5]. Однако при достижении высоких упругих свойств ($\sigma_{0,01}$ = 1200 МПа) приобретаются низкие показатели пластичности (δ = 3—4 %), которые приводят к поломкам от значительных динамических нагрузок во время работы двигателя и потерям упругих свойств стальных компрессионных ПК, так как при эксплуатации двигателя тепловая нагрузка и механические сотрясения вызывают изменения размеров замка и пропорциональное снижение упругости.

Целью работы является создание технологии производства цельнотянутых стальных ПК, ДВС с высокими эксплуатационными характеристиками методом холодной пластической деформации.

Для достижения поставленной цели в работе были поставлены

gz1110.fm Page 21 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

следующие задачи: провести расчет пластической деформации для получения заданного профиля компрессионных колец; выполнить расчет переходов для получения сложного профиля маслосъемных ПК; определить температуры рекристаллизационного отпуска для получения ориентированной структуры и равномерной деформации при волочении; определить температуру термофиксации и термостабилизации ПК; исследовать эффективность прирабатываемости и износостойкости ПК; осуществить промышленные испытания и внедрение в производство. Для получения профиля компрессионного ПК разработана технология волочения — прокатки проволоки из пружинной стали 65Г (ГОСТ 14959—79) [6]. Переход волочения — степень изменения размеров поперечного сечения металла при прохождении через одну волоку. Обычно процесс волочения ведут в несколько переходов, при которых поперечные сечения заготовки постепенно приближаются к сечению готового изделия. Для стабильного протекания процесса необходимо, чтобы у протянутой части был определенный запас прочности и пластичности. В то же время поставляемый металлургами прокат после отжига или нормализации не однозначен по структурному состоянию. Поэтому для получения стабильных результатов упрочнения предлагается выполнять рекристаллизационный отжиг сталей при температуре ниже Ac_1 на 10—20 °С в течение 1 ч [7]. Процесс волочения следует вести при оптимальных условиях, т. е. с минимальным числом переходов с применением эффективного смазочного материала, высококачественного волочильного инструмента.

Достижение высокого упрочнения сталей в результате холодной пластической деформации является следствием увеличения числа дефектов строения при изменении характера их распределения и измельчения пластинок феррита и цементита. В то же время свойства, характеризующие пластичность и вязкость стали, с ростом степени деформации улучшаются лишь до обжатия 75—82 %, а затем ухудшаются [8]. Поэтому для получения профиля компрессионного поршневого кольца разработана технология волочения — прокатки проволоки диаметром 5—6 мм из пружинной стали 65Г за один проход проволоки через профильные волочильные ролики с обжатием 70—75 % с последующим отпуском при 500 °С для устранения деформационных дефектов и повышения пластичности перед навивкой профиля на отправку. Навивка полученного профиля компрессионного кольца на оправку с натяжением сопровождается динамическим старением под нагрузкой при последующем термостабилизационном отпуске при 550 °С и протекание процессов полигонизации. Таким образом осуществляются выстраивание дислокационных стенок и повышение механических свойств деформированной структуры, так как окончательные свойства упругих элементов определяются условиями отпуска, в процессе которого реализуются потенциальные возможности повышенного сопротивления малым пластическим деформациям. Во время нагрева до 550 °С и выдержки развивается процесс полигонизации — упорядочение дислокационной структуры, определяющий структурную стабильность и долговечность в эксплуатации. Кроме того, повышаются предел текучести, упругость и выносливость, а также пластичность. Упрочнение происходит в результате закрепления подвижных дислокаций атомами примесей в дислокационных стенках, возникающих при полигонизации деформированного металла.

Для изготовления маслосъемных ПК выбрана коррозионно-стойкая сталь 20Х13 (ГОСТ 5632—72), которая относится к мартенситному классу, обладает стойкостью против общей коррозии в атмосферных условиях, в слабых растворах кислот, солей и в других слабоагрессивных средах. Так как в исходном состоянии в структуре стали присутствуют из-

gz1110.fm Page 22 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

быточные карбиды, которые существенно препятствуют пластической деформации, необходимо выполнить рекристаллизационный отжиг при температуре 800—820 °С. Изготовление стальных маслосъемных ПК сложного профиля с перфорированными пазами производят пятикратным протягиванием проволоки из стали 20Х13 диаметром 5—6 мм через профильные волочильные ролики, так как свойства стали после холодной деформации зависят от величины не только общей или суммарной деформации, но и частных обжатий. Чем меньше эти обжатия, тем медленнее нарастает прочность, тем выше степень суммарной деформации и абсолютная величина механических свойств.

Первое деформационное упрочнение протягиванием проволоки через профильные волочильные ролики производят с обжатием 35—40 % для получения высокой твердости и ориентированной структуры. После него осуществляют рекристаллизационный отпуск при температуре 660—680 °С в течение 1 ч для снижения твердости до 20—22 HRC и повышения пластичности во избежание растрескивания при следующем деформационном упрочнении. Второе и третье деформационные упрочнения протягиванием проволоки осуществляют с обжатием 20—25 % и 10—15 % соответственно, которое необходимо для формирования профиля маслосъемного кольца с последующим рекристаллизационным отпуском при 660—680 °С в течение 1 ч для снятия напряжений. Кроме того, после отпуска достигается высокая степень обжатия, связанная с получением ориентированной структуры, что способствует равномерной деформации при волочении. Четвертое деформационное обжатие 15—20 % обеспечивает необходимое деформационное упрочнение и получение заданного профиля. После чего выполняют пробивку перфорированных пазов и калибрующее обжатие 6—8 % для получения готового. профиля маслосъемного ПК с дальнейшей навивкой на оправку и термофиксацией при 500 °С в течение 1 ч [9].

Процесс термофиксации имеет диффузионный характер. Известно, что еще до температур рекристаллизации протекают процессы отдыха и полигонизации, которые приводят к возврату физических механических свойств. На оправке профиль разрезают на отдельные кольца, которые устанавливают в гильзу и в ней подвергают термостабилизации при температуре 550 °С в течение 1 ч для протекания процессов полигонизации, т. е. выстраивания дислокационных стенок, повышения комплекса механических свойств деформационной структуры, так как окончательные свойства пружин определяются условиями отпуска, в процессе которого реализуются потенциальные возможности для повышения сопротивления малым пластическим деформациям и всего комплекса прочностных свойств.

В результате процессов скольжения и переползания дислокаций образуются дислокационные стенки одного знака, которые являются малоугловой границей, разделяющей соседние субзерна с небольшой разориентировкой решеток. Таким образом, во время термостабилизации при 550 °С деформированного металла и выдержке развиваются процессы полигонизации — упрочнение дислокационной субструктуры, определяющее структурную стабильность и долговечность в эксплуатации ПК [10].

Производительность и качество поршневых колец во многом зависят от волочильных роликов. Вследствие высоких контактных нагрузок, значительных сил трения в поверхности инструмента к волочильным роликам предъявляются высокие требования по точности размеров и форм. Правильный выбор марки стали для изготовления роликов определяет стабильность формоизменения профиля ПК и стойкость инструмента [11]. Из большой группы штамповых сталей для холодного деформирования металла выделяются высокопрочные стали, используемые с высокими удельными силами $\sigma_{0,2} \approx 2000$ МПа и динамическими нагрузками (6Х4М2ФС-Ди55, 8Х4В2С2МФ-ЭП761, Х6ВФ и Р6М5). Для получения высокой прочности эти стали должны иметь мелкое зерно и сравнительно небольшое количество карбидной фазы при ее равномерном распределении. Повышенное сопротивление пластической деформации достигается получением твердости 58—62 HRC, если в структуре отсутствует остаточный аустенит [12].

Износостойкость можно повысить химико-термической обработкой (азотирование, карбонитрация и др.), которая создает на поверхности слой с твердостью 70—80 HRC. При этом повышается усталостная прочность вследствие объемных напряжений сжатия. Однако такие стали должны обладать повышенной теплостойкостью,

gz1110.fm Page 23 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

т. е. обрабатываться на вторичную твердость при дисперсионном твердении.

Работоспособность холодноштамповочного инструмента в условиях эксплуатации характеризуют циклическая долговечность (малоцикловая усталость) и износостойкость. Они определяют долговечность инструмента.

Поэтому в качестве основного пути повышения стойкости инструмента следует считать увеличение усталостной прочности в зависимости от твердости, прочности на изгиб, ударной вязкости, предела текучести и упругости. Однако холодноштамповочный инструмент не работает на пределе выносливости, а преждевременно выходит из строя из-за разрушений по малоцикловой усталости.

Экспериментально установлено, что максимальные значения малоцикловой усталости достигаются при твердости 58—60 HRC и высокой прочности стали (4000 МПа). При этом наивысшие значения усталости обеспечиваются при дисперсионном твердении, так как выделившиеся карбиды упрочняют матрицу и блокируют движение дислокаций. Несмотря на некоторые различия между волочильными и шлиценакатными роликами существует много общего в условиях их работы, причин выхода из строя инструмента, зависимости его работоспособности от качества изготовления и выбора материала, режимов ковки, термообработки и способов поверхностного упрочнения; т. е. — это тяжелонагруженный инструмент холодного деформирования. Вследствие высоких контактных нагрузок, значительных сил трения в поверхности инструмента волочильные и шлиценакатные ролики изготовляют из высокопрочных инструментальных сталей Х6ВФ, 6Х4М2ФС (ДИ55), ГОСТ 5950—2000, или быстрорежущей стали Р6М5 с высоким сопротивлением пластической деформации. Заготовку получают ковкой из круга диаметром 80—100 мм с осадкой на круг диаметром 180 мм.

Для волочильных роликов из сталей Х6ВФ, 6Х4М2ФС (ДИ55) разработаны режимы термообработки на вторичную твердость (дисперсионное твердение): закалка от 1020 °С, охлаждение в масле; отпуск при 520—540 °С до твердости 56—58 HRC [13]. Для повышения твердости, износостойкости, контактной прочности и выносливости инструмента проведены следующие исследования упрочнения поверхности роликов: кратковременное газовое азотирование; ионное азотирование; карбонитрация в расплаве солей.

Производственные испытания шлиценакатных роликов (условия работы которых аналогичны волочильным роликам) показали повышение стойкости инструмента от 1,5 до 3 раз. Наилучшие результаты достигаются при карбонитрации в рас-

Таблица 1

Стойкость шлиценакатного инструмента в зависимости от режимов термообработки и карбонитрации

№ п/п	Марка стали	Температура, °С		Твердость, HRC	Стойкость, количество валов $\frac{\text{18ХГТ, 200 НВ}}{\text{Сталь 45, 250 НВ}}$	
		закалки	отпуска		без карбонитрации	после карбонитрации
1	Р6М5	1180	580	59—61	$\frac{10\,000}{7000}$	$\frac{40\,000}{31\,000}$
2	Р6М5	1140	580	56—58	$\frac{25\,000}{18\,000}$	$\frac{90\,000}{56\,000}$
3	Х6ВФ	1020	520	56—58	$\frac{20\,000}{15\,000}$	$\frac{84\,000}{50\,000}$
4	6Х4М2ФС	1040	540	58—60	$\frac{30\,000}{25\,000}$	$\frac{40\,000}{80\,000}$

gz1110.fm Page 24 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

плаве солей и газовой карбонитрации (табл. 1).

Главным фактором, ограничивающим срок службы деталей машин различного назначения, является абразивное изнашивание. Для исследования износостойкости упрочненных поверхностей была выбрана схема изнашивания неподвижно-закрепленными частицами. Сущность ее состоит в том, что производится трение испытуемого и эталонного образцов о поверхность с закрепленными частицами при статической нагрузке и отсутствии нагрева и полученные результаты сравниваются. В качестве абразивного материала использовался диск из стали 38Х2МЮА, аналогичной материалу гильзы цилиндра.

Сравнительные испытания износостойкости стальных маслосъемных ПК из стали 20Х13 проводились после упрочнения различными способами: ионного азотирования; оксикарбонитрации в расплаве солей; газовой карбонитрации; электролитического хромирования. Результаты испытаний маслосъемных ПК из стали 20Х13 на износостойкость приведены в табл. 2.

Обработка стали при карбонитрации дает на поверхности слой, имеющий гексагональную структуру, присущую нитриду железа Fe_3N и карбиду железа Fe_3C — карбонитридная фаза $Fe_3(NC)$. Размеры слоя — фазы $Fe_3(NC)$ зависят от температуры процесса и длительности насыщения. В то же время карбонитридный слой образуется не только при длительных процессах, но и наблюдается уже после 3—5 мин обработки. Но с момента образования слоя и установления на его границе предельных концентраций диффузионный процесс начинает происходить фронтально от поверхности в глубь. Диффузия в слое идет по параболистическому закону. В то же время азотированный слой значительно уступает карбонитрированному по прирабатываемости изделий и износостойкости. Применение карбонитрации для обработки деталей обеспечивает повышение усталостной прочности на 50—80 %, резкое увеличение сопротивления износу по сравнению с цементацией, нитроцементацией, азотированием. Полученные на поверхности нитридные фазы даже при отсутствии смазочного материала не проявляют склонности к схватыванию.

Таблица 2

Результаты испытаний маслосъемных ПК из стали 20Х13 на износостойкость

№ п/п	Способ упрочнения	Микротвердость, HV_{100}	Глубина слоя, мм	Потеря массы, мг
1	Ионное азотирование	915—1158	5—7	18 за 3 ч
2	Оксикарбонитрация в расплаве солей	1158—1513	10—12	33 за 12 ч
3	Газовая карбонитрация	1158—1513	12—15	23 за 15 ч
4	Электролитическое хромирование	940—1088	30—40	35 за 13 ч

Для улучшения прирабатываемости и повышения износостойкости авторами разработана технология трехслойного упрочнения поверхности ПК, которая включает карбонитрацию, ионную имплантацию нитрида титана с последующим сульфидированием в электролитной плазме. В результате на поверхности образуется пористый слой Fe_2S 8—10 мкм и твердостью 915—1158 HV, что улучшает прирабатываемость, т. е. отсутствие задиров и схватывания трущихся поверхностей, повышает износостойкость и эксплуатационная стойкость ПК.

Выводы

1. Выполнен расчет переходов для получения заданного профиля ПК, по которому разработана конструкторская документация на изготовление волочильных роликов.

2. Изготовлены и проведены испытания опытных волочильных роликов из инструментальных сталей Х6ВФ, 6Х4М2ФС и Р6М5.

3. Проведены испытания износостойкости волочильных роликов и ПК после поверхностного упрочнения карбонитрацией и сульфидирования.

4. Холодная пластическая деформация, термические процессы, упрочнение рабочих поверхностей инструмента и ПК обеспечивают производство качественных колец в соответствии с требованиями ДИН и Евро-3.

5. Разработанная технология позволяет выпускать ПК для дизелей, бензиновых двигателей, компрессоров и других установок в диапазоне ∅ 60—180 мм. Достигается повышение работоспособности цилиндропоршневой группы в 1,5—2,0 раза по сравнению с чугунными кольцами.

gz1110.fm Page 25 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

6. Технологический процесс изготовления ПК освоен в производстве ООО ЦРТ "Алтай". Комплектующие колец ∅ 80—130 мм, а также ∅180 мм поставляются на рынок запасных частей Алтайского края.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Энглиш, К.** Поршневые кольца. Теория, изготовление, конструкция и расчет: в 2 т. [Текст] / К. Энглиш. — М.: Машгиз, 1962. — Т. 1, 583 с.
2. **Адамович, А. В.** Конструкция и расчет стальных витых поршневых колец [Текст] / А. В. Адамович // Автомобильная промышленность. — 1962. — № 1. С. 4—7.
3. **Duck Gerchard.** Tendenzen in der Kolbenrigentwicklung / Gerchard Duck // MTL, 1969. — N 3. — С. 13—16.
4. **Молдаванов, В. П.** Производство поршневых колец ДВС [Текст] / В. П. Молдаванов. — М.: Машиностроение, 1980. — 190 с.
5. **Рахштадт, А. Г.** Пружинные стали и сплавы [Текст] / А. Г. Рахштадт — М.: Металлургия, 1971. — 495 с.
6. **Пат.** 2341362, Российская Федерация, МПК[7] C1 B23P 15/0. Способ изготовления стальных поршневых колец / Г. А. Околович, А. П. Карпов, А. Г. Околович, С. В. Карпов. – № Заявки 2007109549/02; Заявлено 2007. 03.15; опубл. 20.12.08, Бюл. № 35.
7. **Потемкин, К. Д.** Термическая обработка и волочение высокопрочной проволоки [Текст] / К. Д. Потемкин. — М.: Металлургиздат, 1963. – 382 с.
8. **Богатов А. А.** Ресурс пластичности металлов при обработке давлением [Текст] / А. А. Богатов, О. И. Мижирицкий, С. В. Смирнов. — М.: Металлургия, 1984. — 413 с.
9. **Пат.** 2318645, Российская Федерация, МПК[7] C2 B23 P15/06 Способ изготовления стальных маслосъемных поршневых колец / Г. А. Околович, А. П. Карпов, А. Г. Околович. — Заявка № 2005134301/02; Заявл. 2005.11.07; опубл. 10.03.08, Бюл. № 7.
10. **Новиков, И. И.** Теория термической обработки металлов [Текст] / И. И. Новиков. — М.: Металлургия, 1978. — 390 с.
11. **Пат.** 2380210, Российская Федерация, МПК[7] C2 B23P 15/06. Способ изготовления стальных маслосъемных поршневых колец / Г. А. Околович, А. П. Карпов, А. Г. Околович. – Заявка № 2008115773/02; Заявл. 21.04.08; опубл. 27.01.10 Бюл. № 3.
12. **Геллер, Ю. А.** Инструментальные стали [Текст] / Ю. А. Геллер. — М.: Металлургия, 1983, 525 с.
13. **Околович, Г. А.** Инструментальные стали для штампов холодного деформирования [Текст] / Г. А. Околович. — М.: МиТОМ. — 2006. — С. 3—9.

"КАМАЗ-Восток" начинает работу

В Хабаровске состоялось торжественное открытие сборочного предприятия автомобилей и специальной автотехники марки КАМАЗ.

ООО "КАМАЗ-Восток" — такое название дано первому на территории России сборочному производству "КАМАЗа". В церемонии его пуска приняли участие губернатор Хабаровского края Вячеслав Шпорт, мэр города Хабаровска Александр Соколов, генеральный директор ОАО "КАМАЗ" Сергей Когогин, представители административных округов Дальневосточного федерального округа и топ-менеджмента КАМАЗа.

В настоящее время СП арендует площади около 600 кв. метров на одном из машиностроительных заводов дальневосточного краевого центра в расчете на выпуск 200—250 автомобилей в год. Бизнес-проект предприятия предполагает в дальнейшем, по мере роста объемов сборки, увеличение производственных площадей до 2000 кв. метров. Здесь из сборочных комплектов, поставляемых из Набережных Челнов, будут собирать вахтовые автобусы, автомобили с кран-манипуляторными устройствами, изотермические фургоны, бортовые автомобили и некоторые модели других видов автотехники КАМАЗ. Универсальную номенклатуру деталей и узлов производят местные предприятия, а некоторые автомобильные компоненты специальной комплектации будут закупаться в Южной Корее.

Такая организация работы СП приведет к значительному удешевлению продукции. До сих пор перевозка по железной дороге негабаритных видов автомобилей через всю страну существенно снижала ценовую конкурентоспособность техники. Кроме того, уменьшатся сроки выполнения заказов дальневосточных потребителей "КАМАЗа".

КАМАЗ, как один из гарантов транспортной безопасности России, впервые организовав сборочное предприятие на территории страны, стал инициатором еще одного новшества в отечественном автопроме.

(Департамент по связям с общественностью ОАО "КАМАЗ")

gz1110.fm Page 26 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

УДК 629.113

Х. А. Фасхиев,
д-р техн. наук,
А. Д. Галимянов,
инж.,
ОАО "КАМАЗ"
E-mail:
faskhiev@mail.ru

Испытания при стендово-дорожной доводке автомобилей

Приведены основные предпосылки ускоренной стендово-дорожной доводки деталей грузовых автомобилей. При наличии норм прочности на этапе разработки может быть легко проверено соответствие детали эксплуатационным требованиям. Предложена методика ускоренного определения характеристик сопротивления усталости деталей.

Ключевые слова: *деталь, испытание, долговечность, режимометрирование, нормы прочности.*

Качество, конкурентоспособность изделия закладываются на этапе проектирования и доводки, материализуются в производстве и поддерживаются в эксплуатации, поэтому определяющим в создании надежной, высокоэффективной техники является квалификация разработчика и наличие надежной технологии проектирования с учетом требований потребителя, позволяющей создать конструкцию, соответствующую эксплуатационным требованиям.

Создание оптимальных конструкций лишь на основе проектировочных расчетов очень сложно, а в отдельных случаях вообще невозможно. Это обусловлено тем, что, во-первых, на этапе проектирования нет возможности достоверно установить нагрузки, действующие на детали в условиях эксплуатации, во-вторых, сами методы расчета на долговечность деталей, нагруженных случайным образом, весьма приближенны. Часто при расчетах на долговечность деталей не представляется возможным достаточно точно учитывать особенности конструкции, концентраторов напряжений, изменение характеристик прочности материала по мере накопления повреждений и др. Самым эффективным методом обеспечения необходимой надежности проектируемых конструкций является их стендово-дорожная доводка. В ходе этого этапа разработки машин проверяются ее соответствие техническому заданию, уровень надежности, достоверность принятых технических решений.

Опыт создателей новых моделей автомобилей показывает, что без стендовых и дорожных испытаний невозможно убедиться в надежности созданной конструкции. В настоящий момент общепринятой единой методики доводки автомобильных конструкций не существует, вследствие чего на каждом заводе принята своя методика доводки [1]. Конструирование деталей в настоящее время ведется вне связи с методологией испытания и доводки конструкций. Поэтому доводочные испытания произвольно выбираются и проводятся в стендовых условиях по нескольким направлениям, таким как определение характеристик усталости, долговечности при гармоническом нагружении, ресурса при блок-программном или случайном нагружении. Дорожные испытания на этапе доводки позволяют оценить эксплуатационную нагруженность детали, которая является основой для доводочных стендовых испытаний, проводимых параллельно с дорожными. Испытания в цикле разработки конструкции начинаются практически одновременно с началом работ и ведутся до начала серийного выпуска автомобиля, а контрольные испытания продолжаются вплоть до снятия изделия с производства. Недостатком такого подхода являются большие материальные и трудовые затраты, длительный срок доводки, потребность сложного испытательного оборудования, что часто

gz1110.fm Page 27 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

является решающим фактором в определении методики доводки конструкции. Запуск недоведенной конструкции в серийное производство приносит значительный экономический убыток потребителю. Доведенная конструкция в эксплуатации не должна иметь поломок. А пока затраты за жизненный цикл только на запасные части превышают половину стоимости отечественных автомобилей. Это результат пренебрежительного отношения разработчиков к доводке конструкции.

Американский исследователь Старк Д. А. [1] предложил методику проведения лабораторно-дорожных испытаний новой конструкции в течение всего цикла создания новой модели. По данной методике с самых ранних этапов проводится стендовая проверка конструкторско-технологических решений, новых материалов, оценивается стендовая долговечность детали. До сборки опытной модели все детали и узлы испытываются на стенде. Собранный автомобиль подвергается функциональным испытаниям, производятся исследование напряженно-деформированного состояния, режимометрирование в условиях эксплуатации наиболее "слабых", ответственных деталей. Окончательно долговечность деталей оценивается путем блок-программных ресурсных испытаний на стенде. В случае положительного результата деталь принимается на серийное производство. Опыт передовых мировых фирм показывает, что, только применяя комплексный подход к стендово-дорожным испытаниям на всех этапах разработки, можно добиться желаемой цели.

В настоящее время для обеспечения заданных требований при разработке активно используются методы математического моделирования динамического движения автомобиля на ЭВМ [2]. Модели позволяют рассчитать нагруженность детали и ресурс при задании воздействия на автомобиль со стороны человека-оператора и со стороны внешней среды, важнейшими из которых являются макро- и микропрофиль дороги и аэродинамическое сопротивление. Метод математического моделирования изделий имеет и недостатки. Во-первых, невозможно учесть все факторы, влияющие на нагруженность детали, во-вторых, на ранних этапах проектирования неизвестны усталостные характеристики деталей, и сами методы расчета ресурса несовершенны, поэтому расчеты дадут весьма приблизительные результаты. Несмотря на это, метод математического моделирования эффективен для сравнительных расчетов. Кроме того, этот метод, как и другие, анализирует созданную конструкцию, а не является основой для определения параметров конструкции. Эта задача частично решается при использовании методики определения параметров конструкции по нормативной заданной надежности [2]. Характеристики вероятностного описания нагрузок и несущей способности входят в формулы для определения размеров сечения, обеспечивающих заданную надежность элемента конструкции. Метод проектирования основан на статическом случайном нагружении детали. Такой подход более адекватно отражает реальную работу элемента конструкции, но все же требует проверки соответствия конструкции техническому заданию.

Динамические модели являются основой получившего широкое распространение метода виртуального проектирования новых моделей. Современные информационные технологии позволяют изготовить конструкторско-технологическую документацию полностью в электронном виде. Моделируя процесс эксплуатации на компьютере, осуществляют расчеты прочности, долговечности, устойчивости, износостойкости, жесткости, вибро- и теплостойкости как конструкции в целом, так и ее элементов. В виртуальных моделях, кроме технических расчетов, можно вести и экономический анализ новой мо-

gz1110.fm Page 28 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

дели. Виртуальное проектирование сокращает время создания новых моделей до 24—36 месяцев, позволяет вести процесс разработки круглосуточно, повышает качество разработок. Однако полностью доверять данным, полученным расчетным путем, нельзя, так как многие методики расчета предусматривают принятие множества допущений, однозначно снижающих точность результатов оценки.

Наиболее целесообразным является подход к проектированию детали, учитывающий ее дальнейшее испытание в стендовых условиях, т. е. проектирование детали на заданную стендовую долговечность, которая должна быть эквивалентной ресурсу детали в эксплуатации. Стендовые испытания наиболее удобно вести при гармоническом нагружении, при повышенных нагрузках в определенных условиях закрепления, установки детали, по которым, используя характеристики усталости детали, полученные расчетным путем, можно определить размеры детали [4] или при заданных размерах — характеристики сопротивления усталости детали, обеспечивающие заданный ресурс. Деталь после определения ее геометрических размеров для типовых случаев нагружения рассчитывается широко распространенным методом конечных элементов, и выявляются запасы прочности, которые сравниваются с данными аналогичных конструкций. В настоящее время еще не разработаны единые нормы прочности деталей, агрегатов автомобилей, хотя на заводах отрасли накоплен большой опыт проектирования

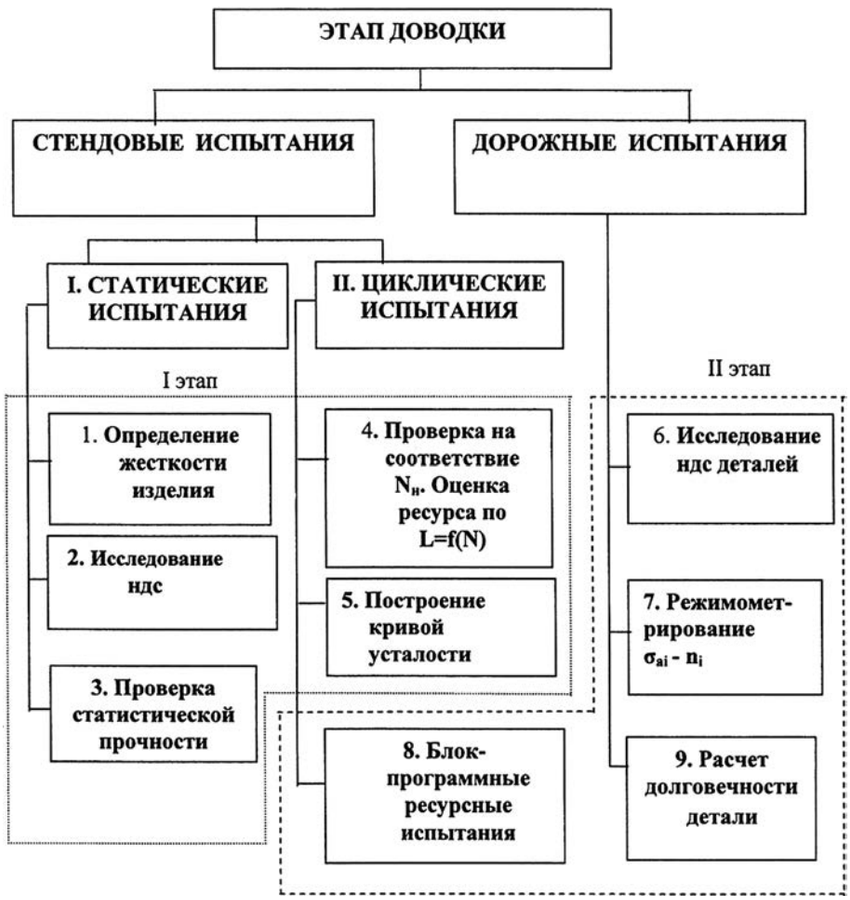


Рис. 1. Схема стендово-дорожной доводки деталей грузового автомобиля:

ндс — напряженно-деформированное состояние; $N_н$ — нормативная долговечность для стендовых условий испытания; L — ресурс детали в эксплуатации; N — стендовая долговечность; σ_{ai} — амплитуда напряжений i-го уровня; n_i — число амплитуд напряжений i-го уровня

gz1110.fm Page 29 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

автомобильных деталей, многие из которых по конфигурации, назначению, прочностным характеристикам схожи [5]. При наличии норм прочности процесс проектирования значительно упрощается, повышается вероятность соответствия конструкции эксплуатационным требованиям.

Богатый практический опыт создателей новых моделей автомобилей показывает, что без стендовых и дорожных испытаний невозможно убедиться в надежности созданной конструкции, известные методы разработки новой техники требуют усовершенствования.

Детали, критерием работоспособности для которых является усталостная долговечность, могут быть доведены в стендово-дорожных условиях по схеме, изображенной на рис. 1. Деталь после функциональных испытаний подвергается ускоренным стендовым испытаниям при постоянном уровне циклических нагрузок. По результатам этих испытаний определяется соответствие детали нормативной долговечности, устанавливаемой на основе исследований эксплуатационной и стендовой долговечности аналогичных деталей, т. е. соответствие нормам прочности. На этом этапе обычно достаточно испытать 3—5 деталей. Первые два этапа испытаний не длительны, так как все испытания осуществляются в стендовых условиях в ускоренном режиме, усовершенствованию подвергаются только "слабые" детали агрегата. Усовершенствованная деталь в составе автомобиля в дальнейшем подвергается режимометрированию в дорожных условиях. При этом, во-первых, определяются максимальные динамические нагрузки на детали, характерный нагрузочный режим, который является основой для дальнейших ресурсных стендовых испытаний и расчета эксплуатационной долговечности. В случае несоответствия ресурса заданной нормативной долговечности производятся конструктивно-технологические усовершенствования узла, детали и повторное программное стендовое испытание на долговечность.

Этот комплекс испытаний реально можно провести в течение одного года. В результате можно добиться требуемой долговечности детали, удовлетворить требованиям потребителей по критерию надежности с минимальными трудовыми и материальными затратами в кратчайшие сроки.

На I этапе доводки в лабораторных условиях оцениваются функциональность, жесткость, напряженно-деформированное состояние, статическая прочность, соответствие долговечности детали нормативной, т. е. косвенно определяется эксплуатационный ресурс и строится кривая усталости, которая необходима для расчета ее ресурса. Такой подход на I этапе доводки конструкций был отработан на примере картеров передних управляемых мостов полноприводных автомобилей. Испытания на долговечность картеров передних мостов полноприводных автомобилей семейства КАМАЗ показали, что их долговечность, равная $0{,}21 \cdot 10^6$ циклов, при принятых условиях испытания в стендовых условиях в три раза ниже нормативной, равной $0{,}75 \cdot 10^6$ циклов [5]. Фрактографический анализ характерных разрушений в зоне перехода рукавов в банджо литых картеров мостов показал, что образование дефектов литья в основном обусловлено формой поперечного сечения отливки и разницей толщины прилегающих стенок конструкции. На основе усталостных испытаний картеров с различной формой сечений в опасной зоне установлено, что ребро жесткости в зоне перехода рукавов в банджо должно быть полым с плавными переходами к стенкам картера и толщина его стенки должна отличаться от толщины стенки рукава не более чем на 3—5 мм. Стендовые испытания опытных картеров, изготовленных с учетом этих рекомендаций, показали, что долговечность их повышается до (0,68—

gz1110.fm Page 30 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

1,15)10^6 циклов и соответствует нормативной стендовой долговечности.

Для расчетно-экспериментального определения ресурса проектируемых деталей необходимо знание усталостных характеристик детали. Это трудоемкая длительная работа, требующая наличия сложного испытательного оборудования. Проблема может быть существенно упрощена в случае применения предлагаемого метода ускоренного расчетно-экспериментального построения кривой усталости деталей. Для этого в первую очередь по справочным данным характеристик сопротивления усталости материала детали, используя произвольные значения коэффициента снижения предела выносливости K в пределах $K_{min} < K_i < K_{max}$ по соотношению

$$N_i = (\sigma_R/(K_i\sigma_{аэкс}))^m N_G, \quad (1)$$

где σ_R — предел выносливости материала детали; $\sigma_{аэкс}$ — номинальное значение амплитуд напряжений в опасном сечении при гармоническом режиме стендового испытания; N_G — базовое число циклов; m — показатель наклона кривой усталости материала детали.

Строят график функции стендовой долговечности от коэффициента снижения предела выносливости $N = f(K)$ (рис. 2). Значения σ_R, N_G, m принимаются по справочным данным.

На графике (рис. 2) значению стендовой долговечности детали соответствует точка с действительным значением коэффициента снижения предела выносливости. Предел выносливости детали σ_{Rd} определяется как отношение $\sigma_R/K_{экс}$, а кривая усталости строится по экспериментальным значениям долговечности на уровне напряжений $\sigma_{аэкс}$ и по значению σ_{Rd} в предположении, что базовые числа циклов N_G для материала и детали равны, а в случае проведения испытаний на усталость детали на двух уровнях (минимально по три образца), нет необходимости соблюдения этого допущения. Пределы выносливости деталей автомобилей КАМАЗ, таких как картеры, шаровые пальцы рулевых тяг, шаровые опоры, реактивные штанги, определенные по данной методике, отличались не более чем на 10 % от значений пределов выносливости, полученных при испытаниях по стандартному методу.

На II этапе доводки расчетно-экспериментальным путем уточняется ресурс детали, прошедшей стендовую доводку. Деталь в составе автомобиля проходит режимометрирование на комплексе дорог автополигона, по результатам которых, во-первых, оценивается динамическая нагруженность, во-вторых, рассчитывается ресурс, в-третьих, составляется режим блок-программных ускоренных ресурсных испытаний детали. Например, блок-программные ресурсные испытания картеров ведущих мостов полноприводных автомобилей КАМАЗ осуществлялись всего за 185 ч, что было достигнуто за счет составления блок-программы по полигонному режимометрированию. Было установлено, что дороги автополигона НИЦИАМТ вносят повреждения на несущие детали ведущих управляемых мостов в 2—18 раз интенсивнее, чем в эксплуатации. Результаты блок-программных ресурсных стендовых испытаний несущих деталей мостов, испытанных в сборе, отличались не более чем на 17 % от их ресурса, определенного в эксплуатации.

Выявленные в ходе исследований законы распределения долговечности (см. таблицу) и нагрузок могут быть использованы при проектировании агрегатов новых моделей автомобилей. Установлено: распределение долговечности несущих

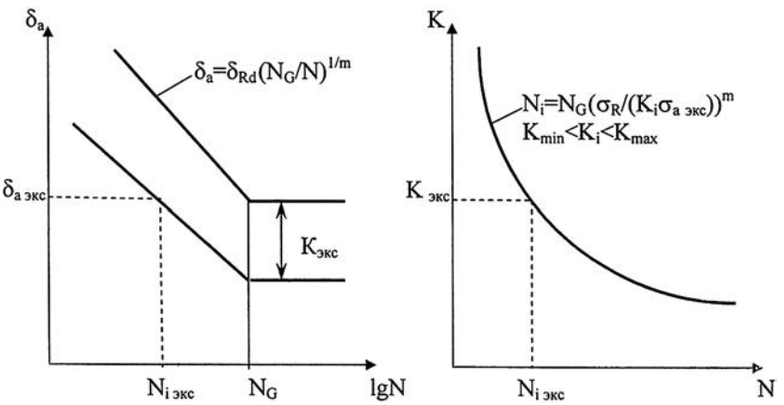


Рис. 2. Схема ускоренного расчетно-экспериментального построения кривой усталости детали:

δ_a — амплитуда напряжения в опасном сечении детали; δ_{Rd} — предел выносливости детали; $\delta_{аэкс}$ — амплитуда напряжения в опасном сечении детали в процессе эксплуатации

gz1110.fm Page 31 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

Таблица

Законы распределения долговечности некоторых деталей автомобилей КАМАЗ

Деталь	Закон распределения	Коэффициент вариации v
1. Картер моста КАМАЗ-4310 (стенд)	Вейбулла $f(x) = (b/a)(x/a)^{b-1}\exp[-(x/a)^b]$ $x = N \cdot 10^{-6}$; $a = 0{,}240$; $b = 1{,}806$	0,48
2. Картер моста модернизированный (стенд)	Нормальный $f(x) = (1/(2\pi)^{1/2})\exp[-(x-a)^2/2b^2]$ $x = N \cdot 10^{-6}$; $a = 0{,}822$; $b = 0{,}244$	0,23
3. Картер моста КАМАЗ-4310 (эксплуатация)	Вейбулла $f(x) = (b/a)(x/a)^{b-1}\exp[-(x/a)^b]$ $x = L \cdot 10^{-6}$; $a = 196{,}58$; $b = 2{,}28$	0,39
4. Ведущая цилиндрическая шестерня главной передачи (стенд)	Экспоненциальный $f(x) = a\exp(-ax)$ $x = N \cdot 10^{6}$; $a = 1{,}706$	0,95
5. Ведущая цилиндрическая шестерня главной передачи (эксплуатация)	Вейбулла $f(x) = (b/a)(x/a)^{b-1}\exp[-(x/a)^b]$ $x = L \cdot 10^{-3}$; $a = 423{,}17$; $b = 1{,}97$	0,39
6. Главная передача в сборе (эксплуатация)	Вейбулла $f(x) = (b/a)(x/a)^{b-1}\exp[-(x/a)^b]$ $x = L \cdot 10^{-3}$; $a = 345{,}16$; $b = 1{,}63$	0,47
7. Шаровая опора КАМАЗ-4310 (эксплуатация)	Логарифмический нормальный $\lg L_p = \lg L + U_p \lg S$ $\lg L = 5{,}778$; $\lg S = 0{,}263$	0,31
8. Шаровая опора КАМАЗ-4310 (стенд)	Логарифмический нормальный $\lg L_p = \lg L + U_p \lg S$ $\lg L = 5{,}17$; $\lg S = 0{,}33$	0,14
9. Поперечина № 2 рамы КАМАЗ-55111	Нормальный $L_p = 290 + U_p 72{,}7$ (тыс. км)	0,25
10. Поперечина № 3 рамы КАМАЗ-5410	Нормальный $L_p = 233 + U_p 174$ (тыс. км)	0,78
11. Седельный тягач КАМАЗ-5410 (по 30 тягачам до списания)	Нормальный $L_p = 311{,}683 + U_p 71{,}3$ (тыс. км)	0,23
12. Кронштейн задней опоры силового агрегата КАМАЗ-5511 (до 1987 г.)	Нормальный $L_p = 162 + U_p 73$ (тыс. км)	0,45
13. Двигатель КАМАЗ -740 (КАМАЗ-55111)	Нормальный $L_p = 265 + U_p 107$ (тыс. км)	0,40
14. Коробка передач 15 (КАМАЗ-5410)	Нормальный $L_p = 303 + U_p 110$ (тыс. км)	0,36
15. Карданный вал заднего моста КАМАЗ-55111	Нормальный $L_p = 327 + U_p 156$ (тыс. км)	0,48
16. Верхние реактивные штанги КАМАЗ-55111	Нормальный $L_p = 165 + U_p 42$ (тыс. км)	0,25

gz1110.fm Page 32 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

Окончание таблицы

Деталь	Закон распределения	Коэффициент вариации ν
17. Нижние правые реактивные штанги КАМАЗ-55111	Нормальный $L_р = 269 + U_р 93$ (тыс. км)	0,34
18. Передняя ось КАМАЗ-55111	Нормальный $L_р = 214 + U_р 94$ (тыс. км)	0,44
19. Втулка башмака задней подвески КАМАЗ-55111	Нормальный $L_р = 230 + U_р 103$ (тыс. км)	0,45
20. Пальцы и вкладыши продольной рулевой тяги КАМАЗ-55111	Нормальный $L_р = 138 + U_р 57$ (тыс. км)	0,41
21. Сцепление КАМАЗ-55111	Нормальный $L_р = 193 + U_р 41$ (тыс. км)	0,21
22. ТНВД КАМАЗ-740	Нормальный $L_р = 198 + U_р 34$ (тыс. км)	0,17
23. Компрессор КАМАЗ-740	Нормальный $L_р = 201 + U_р 40$ (тыс. км)	0,20
24. Масляный насос КАМАЗ	Нормальный $L_р = 197 + U_р 37$ (тыс. км)	0,19
25. Рулевое управление КАМАЗ-55111	Нормальный $L_р = 204 + U_р 51$ (тыс. км)	0,25

Примечание: b, a — коэффициенты распределения долговечности; x — долговечность; L_p — ресурс; U_p — квантиль; S — постоянная при различной вероятности; N. L —стендовая и эксплуатационная долговечность соответственно.

деталей осуществляется по закону Вейбулла, коэффициент вариации составляет 0,2—0,5.

Наиболее "тяжелым" режимом для картеров и шаровых опор мостов является движение по разбитому грунту. При этом коэффициент динамичности для них доходит 2,7. Впадины дорожного полотна оказывают бóльшее динамическое воздействие на несущие детали, чем выступы такой же высоты, что связано с длительностью воздействия неровности на колесо. На балках мостов максимальные напряжения возникают при экстремальных торможениях, сочетающихся с ударом колес о препятствия, и коэффициент динамичности при этом доходит до значения 6,5. Дорожные испытания показывают, что напряжения от горизонтальных сил в картерах мостов составляют 50 % от вертикальных, но могут достигать до 70—80 % при ударе колес о препятствие.

Для испытания и доводки несущих деталей грузовых автомобилей на КАМАЗе был создан исследовательско-испытательный комплекс, включающий сервогидравлические цилиндры типа MTS, Шенк, Инова, специальные приспособления, позволяющие имитировать нагрузки, идентичные эксплуатационным, тензоусилители, шестиканальный анализатор нагруженности и долговечности SW-160 (Япония). Исследуемая деталь на стенде с применением специальных приспособлений нагружается в гармоническом, блок-программном или случайном режиме. Одновременно методом "стекающего дождя" или "полных циклов" производится схематизация процесса циклического нагружения детали до шести опасных зон, которые выявляются при статическом и динамическом исследовании напряженно-деформированного состояния исследуемой детали. При этом в реальном времени ведется расчет долговечности детали. В анализатор предварительно вводятся характеристики сопротивления усталости детали по каждому анализируемому сечению.

gz1110.fm Page 33 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

Комплекс позволяет оперативно (за 5—10 мин) выявить наиболее опасную по критерию долговечности зону, оценить долговечность детали. В случае, когда расчетная долговечность меньше нормативной, в конструкцию оперативно вносятся конструктивные или технологические изменения и производится оценка их эффективности. Таким образом, конструкция доводится на одном и том же образце, не разрушая его. Комплекс успешно был использован при доводке несущих деталей (рам, платформ, кронштейнов подвесок, опор силового агрегата и др.) таких автомобилей, как КАМАЗ-55111, –55112, –55105, –6423, –4950, –4951 и др.

Одной из актуальных задач в автомобилестроении является разработка норм прочности агрегатов и деталей, как это реализовано в авиастроении. Нормы прочности должны быть легко применимы при проектировании и доводке конструкции с ранних этапов разработки новых моделей, охватывать характерные случаи эксплуатационного нагружения, учитывать для детали те критерии, которые определяют ее работоспособность. Одни и те же детали могут нормироваться по жесткости, статической прочности и усталостной долговечности. Основой установления норм прочности являются эксплуатационные исследования надежности автомобилей. Детали, лимитирующие надежность автомобиля в ходе разработки, а некоторые и при серийном производстве подвергаются стендовым испытаниям в регламентированных режимах нагружения.

Предлагается устанавливать нормы прочности, сопоставляя результаты стендовых испытаний деталей с прочностью и долговечностью их в эксплуатации. Разработанные с использованием результатов стендовых испытаний нормы прочности позволяют, во-первых, использовать их при разработке конструкции, во-вторых, ускоренно проверять при доводке автомобиля соответствие деталей требованиям, установленным в техническом задании. Например, жесткость рам грузовых автомобилей общетранспортного назначения должна быть в пределах 2,1—2,8 кН · м/°, для самосвалов (с надрамником) — 2,9—3,8 кН · м/°, лесовозов 3—4 кН · м/°. Статический запас прочности при закручивании рамы на угол +5° должен быть равен 1,2; при циклическом закручивании на угол ±3° в режиме резонанса рамы в сборе с платформой, загруженной с номинальной нагрузкой, стендовая долговечность должна быть не менее 135 тыс. циклов, что эквивалентно пробегу 350 тыс. км в первой категории условий эксплуатации.

Балки мостов в сборе должны иметь при номинальной нагрузке прогиб не менее 1,5 мм на 1 м колеи; статический запас по кручению в пределах 1,6—1,8; по вертикальному изгибу — 6,5; циклическая долговечность должна быть не менее $1 \cdot 10^6$ циклов при нагружении с отнулевой нагрузкой, в 2,5 раза превышающей номинальную.

Для картеров ведущих управляемых мостов полноприводных автомобилей, испытанных в этих условиях, долговечность $0{,}75 \cdot 10^6$ циклов эквивалентна пробегу в эксплуатации 350 тыс. км, а для шаровых опор с целью обеспечения этого пробега долговечность должна быть равна $0{,}27 \cdot 10^6$ циклов. При этом статический запас прочности их по вертикальному изгибу должен быть равен не менее 5.

Для деталей трансмиссии статический запас прочности должен быть не менее 2,4. При испытании на изгибную усталость зубчатых колес главной передачи в сборе при максимальном крутящем моменте двигателя на первой передаче коробки передач долговечность зубчатых колес, равная $3{,}5 \cdot 10^5$ циклов, эквивалентна ресурсу в эксплуатации 350 тыс. км. Испытания на контактную усталость должны вестись при максимальном крутящем моменте двигателя на второй передаче коробки передач. Долговечность $2{,}8 \cdot 10^6$ циклов

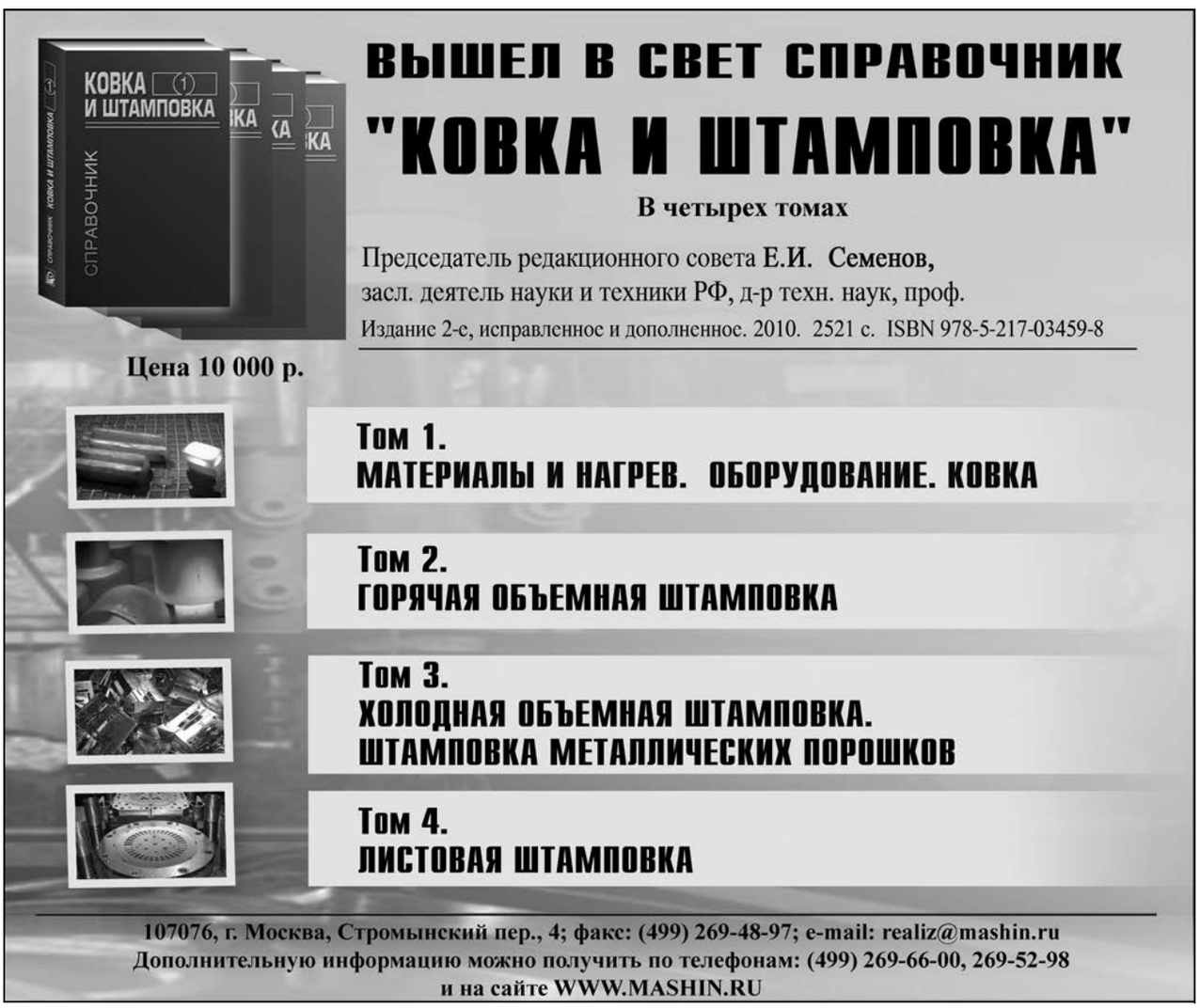
gz1110.fm Page 34 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

при этом эквивалентна ресурсу 350 тыс. км. При этих испытаниях валы, подшипники и другие детали трансмиссии не должны иметь разрушений. Эти нормы прочности при проектировании могут быть использованы для определения размеров, материала деталей, а при доводке конструкции для проверки соответствия деталей эксплуатационным требованиям.

Комплексно сочетая расчетные и экспериментальные методы доводки, можно с минимальными материальными и трудовыми затратами в кратчайшие сроки обеспечить необходимую надежность проектируемых конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Старк, Д. А.** Конструирование и испытание большегрузных автомобилей и тяжелых тракторов [Текст] / Д. А. Старк // Автомобильная промышленность США. — 1979. — № 2. — С. 21—27.
2. **Семенов, В. М.** Моделирование — перспективный вариант проектирования автомобильной техники [Текст] / В. М. Семенов, В. В. Немцов, Е. Ф. Волобуев // Автомобильная промышленность. — 1987. — № 9. — С. 18—20.
3. **Арасланов, А. М.** Расчет элементов конструкций заданной надежности при случайных воздействиях [Текст] / А. М. Арасланов. — М.: Машиностроение, 1987. — 128 с.
4. **Фасхиев, Х. А.** Методика проектирования деталей машин с учетом усталости [Текст] / Х. А. Фасхиев // Вестник машиностроения. — 1999. — № 6. — С. 21—25.
5. **Фасхиев, Х. А.** Еще раз о нормах прочности для деталей автомобилей [Текст] / Х. А. Фасхиев // Автомобильная промышленность. − 1999. — № 4. — С. 25—30.



gz1110.fm Page 35 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

Расчетные зависимости средней скорости движения автомобилей многоцелевого назначения от кривизны дорог

УДК 629.113.072.001.2.4:625.7

Ю. В. Ходосовский,
канд. техн. наук,
наук, 21 НИИИ МО РФ
E-mail: valeria.vakula@yandex.ru

Средняя скорость движения автомобиля имеет объективные и естественные ограничения, связанные с физической природой процесса движения. В статье исследовано влияние кривизны дорог на показатель средней скорости движения автомобиля и приведены расчетные зависимости.

Ключевые слова: *скорость движения, кривизна дороги, автомобиль.*

К числу важнейших свойств полноприводных автомобилей многоцелевого назначения (АМН) относится средняя скорость движения. Она является интегральным показателем уровня их удельной мощности, совершенства силовой передачи, ходовой части, систем подрессоривания и управления движением АМН. Потребители таких автомобилей предъявляют требования о постоянном повышении средней скорости движения по всем видам дорог и местности, при этом называются показатели 60—70 км/ч и более.

В статье показано, что средняя скорость движения имеет объективные и естественные ограничения, связанные с физической природой процесса движения.

Как известно, любые виды дорог и колонные пути состоят из набора прямолинейных и криволинейных участков. На криволинейных участках пути скорость движения ограничивается явлениями заноса и опрокидывания. По этой причине средняя скорость движения АМН при любом уровне удельной мощности и степени совершенства конструкции ограничена определенным пределом. В связи с этим представляет определенный интерес вопрос об изменении средней скорости движения АМН в зависимости от соотношения протяженности прямолинейных и криволинейных участков пути, т. е. от коэффициента криволинейности дороги. Практически коэффициенты криволинейности дорог (соотношения прямолинейных и криволинейных участков пути) для движения АМН могут быть заданы в виде следующего ряда: 0/1,0; 0,2/0,8; 0,4/0,6; 0,6/0,4; 0,8/0,2; 1,0/0.

Рассмотрим влияние на среднюю скорость криволинейных участков пути членов ряда: 0,2/0,8 и 0,8/0,2.

Установлена следующая закономерность изменения средней итоговой скорости движения автомобиля в зависимости от соотношения протяженности прямолинейных и криволинейных участков дороги для движения образца АМН

$$V_{\text{ср}\Sigma} = f(V_{\text{ср пр}}, V_{\text{ср кр}}, \Delta K),$$

где $V_{\text{ср пр}}$ — средняя скорость движения образца АМН на прямолинейном участке дороги, км/ч; $V_{\text{ср кр}}$ — средняя скорость движения образца АМН на криволинейном участке дороги, км/ч; ΔK — коэффициент криволинейности дороги, равный отношению протяженности прямых участков к криволинейным ($0 \leqslant \Delta K \leqslant 1{,}0$).

Графические зависимости итоговой средней скорости движения АМН от коэффициента кри-

gz1110.fm Page 36 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

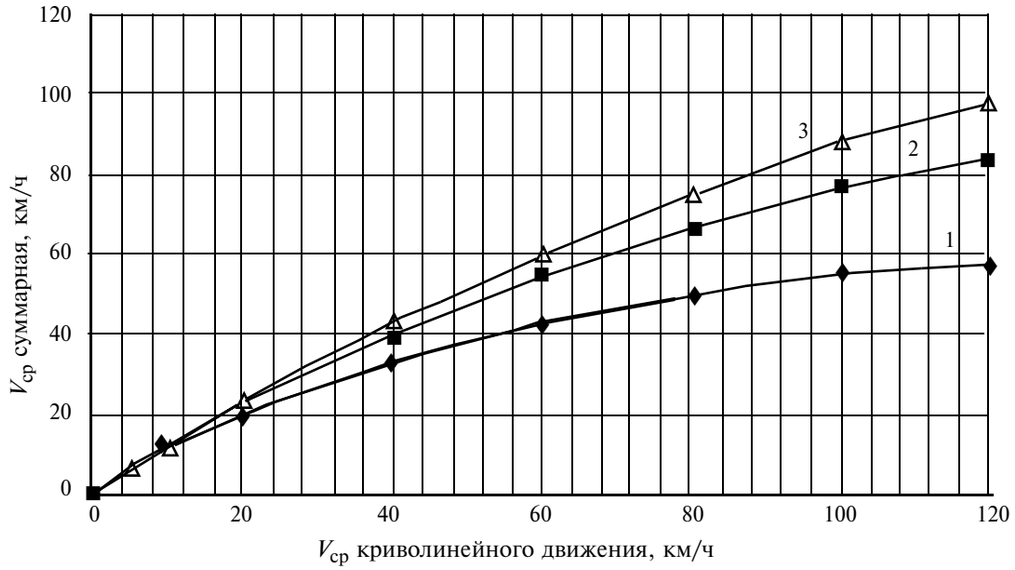


Рис. 1. Зависимость итоговой средней скорости движения образца АМН от средней скорости на криволинейных участках пути при ΔK = (0,8/0,2) при различных средних скоростях прямолинейного движения:
1 — 20 км/ч; 2 — 40 км/ч; 3 — 60 км/ч

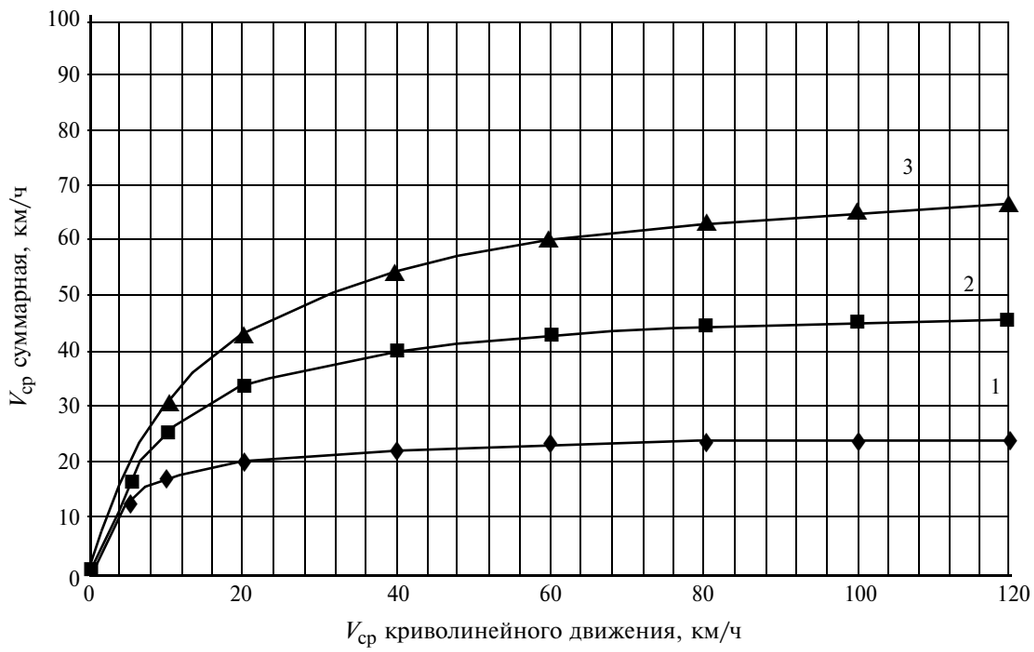


Рис. 2. Зависимость итоговой средней скорости движения образца АМН от средней скорости на криволинейных участках пути при ΔK = (0,2/0,8) при различных средних скоростях прямолинейного движения:
1 — 20 км/ч; 2 — 40 км/ч; 3 — 60 км/ч

gz1110.fm Page 37 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

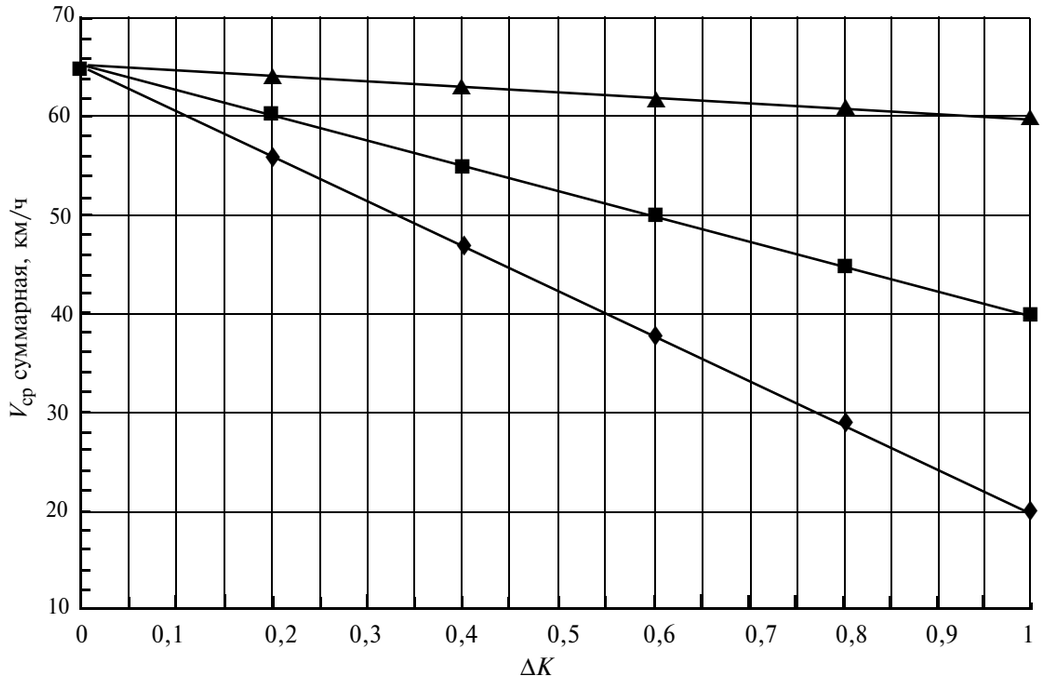


Рис. 3. Зависимость средней суммарной скорости движения АМН типа КАМАЗ от коэффициента криволинейности дороги ΔK, на асфальтобетонном покрытии:
1 — 20 км/ч; 2 — 40 км/ч; 3 — 60 км/ч

волинейности дороги представлены на рис. 1, 2. Из представленных графиков видно, что итоговая средняя скорость движения существенно возрастает в зависимости от увеличения средней скорости на криволинейных участках дорог с небольшим количеством криволинейных участков (распределение 0,8/0,2). На дорогах с преобладанием криволинейных участков возможно повышение итоговой скорости на незначительную величину (5—7 %). Следовательно, при большом значении коэффициента криволинейности дороги повышение удельной мощности и степени совершенства конструкции не приведет к существенному росту итоговой средней скорости движения АМН.

В случае, когда $\Delta K = 0$ (дорога прямая), то $V_{ср.кр} = V_{ср.\,пр}$, для случая $\Delta K = 1{,}0$ (нет прямолинейных участков) $V_{ср.\,кр}$ равна предельной скорости движения образца АМН по заносу (опрокидыванию).

Зависимость средней суммарной скорости движения АМН от коэффициента криволинейности дороги с асфальтобетонным покрытием показана на рис. 3.

По исходным данным, полученным в ходе испытаний ВАТ, определена средняя критическая скорость по заносу для АМН. Установлено, что при движении по дорогам с твердым покрытием она будет составлять 75—80 км/ч, а при движении по местности 65—70 км/ч.

Для конкретных образцов АМН требуются детальные и обстоятельные исследования для установления предельно допустимой средней скорости, исходя из условий обеспечения безопасного движения без заносов и опрокидывания на заданных видах дорог.

gz1110.fm Page 38 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

Поздравляем с юбилеем Николая Антоновича Иващенко

16 ноября 2010 г. исполняется 70 лет заслуженному деятелю науки РФ доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой "Поршневые двигатели" МГТУ им. Н. Э. Баумана, члену редакционной коллегии журнала "Грузовик" Николаю Антоновичу Иващенко.

Н. А. Иващенко родился 16 ноября 1940 г. в с. Внуковичи Новозыбковского района Брянской области. В 1958 г. окончил автомобильно-дорожный техникум в Гомеле, работал механиком в Гродно, служил в Советской армии. В 1962 г. поступил в МВТУ им. Н. Э. Баумана, которое окончил с отличием в 1968 г. После окончания МВТУ им. Баумана Николай Антонович обучался в аспирантуре, работал на кафедре "Комбинированные двигатели" МВТУ инженером, младшим научным сотрудником, ассистентом, доцентом, с 1978 по 1988 г. исполнял обязанности заместителя заведующего кафедрой, а с 1988 г. по настоящее время работает заведующим кафедрой "Поршневые двигатели".

Кандидатскую диссертацию защитил в 1974 г., докторскую — в 1994 г. В 1995 г. Н. А. Иващенко присвоено звание профессора.

Н. А. Иващенко специалист в области моделирования процессов в высокофорсированных двигателях внутреннего сгорания. По этому направлению им выполнено более 190 научных работ, в числе которых две монографии, вышедшие в издательстве "Машиностроение" в 1977 и 1983 гг., пять томов учебника "Двигатели внутреннего сгорания" (в составе авторского коллектива), издававшегося в 1980—1991 гг., три учебника, изданных в 2004 и 2005 г., десять учебно-методических пособий, три учебных пособия с грифом УМО. В 2008 г. в составе коллектива авторов в издательстве "Машиностроение" участвовал в создании высококачественного современного учебника "Конструирование двигателей внутреннего сгорания".

Н. А. Иващенко обоснованы принципы и методы использования в учебном процессе вычислительной техники, средств автоматизированного проектирования и автоматизации научных исследований ДВС, разработаны и внедрены в двигателестроение методы управления температурными полями деталей двигателей.

Под его руководством и при его непосредственном участии разработаны уникальные пакеты программ для моделирования тепловых процессов в поршневых двигателях (рабочий процесс в цилиндре, теплообмен, теплопроводность, кинематическое и силовое взаимодействие деталей ДВС, теплообмен и гидродинамика в полостях систем охлаждения ДВС), которые широ-

gz1110.fm Page 39 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

ко использовались и используются при проектировании и доводке двигателей, выпускаемых в России и странах СНГ, а также в учебном процессе высших учебных заведений страны. С использованием этих пакетов выполнены многочисленные работы по заказам ведущих двигателестроительных заводов России.

В последние годы Н. А. Иващенко выполнены работы по использованию альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания, в том числе твердых и газообразных, работы по применению в двигателях диметилового эфира, а также работы в области дистанционного образования.

Николай Антонович читал и читает лекции по профилирующим дисциплинам подготовки двигателистов: "Теория ДВС", "Строительная механика ДВС", "Спецглавы конструирования и САПР", "Основные направления развития поршневых двигателей". Под его руководством подготовлено десять кандидатов и два доктора технических наук.

В качестве председателя учебно-методической комиссии по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" П. А. Иващенко руководил разработкой Государственных стандартов на подготовку бакалавров, магистров и специалистов по направлению "Энергомашиностроение", учебных планов, типовых программ, квалификационных характеристик инженеров по специальности "Двигатели внутреннего сгорания", "Программы подготовки инженеров по специальности 101200 в МГТУ им. Н. Э. Баумана".

Н. А. Иващенко является организатором многих научных форумов, посвященных проблемам современного двигателестроения. Под его непосредственным руководством прошли международные научно-практические конференции ("Двигатели 2007" — посвящена 100-летию школы "Двигателестроения" МГТУ им. Н. Э. Баумана, конференция по проблемам двигателестроения, посвященная 175-летию МГТУ им. Н. Э. Баумана, и многие другие).

Отличительным качеством Николая Антоновича является трепетное отношение к истории МГТУ (МВТУ) им. Н. Э. Баумана, в частности к ученым-двигателистам. Результатом его исследований истории старейшего технического вуза стали очерки о знаменитых ученых МГТУ им. Н. Э. Баумана, опубликованные на страницах журнала "Грузовик" — о Греневицком В. И., Калише Г. Г., Орлине А. С., Круглове М. Г., Крутове В. И. и ряде других ученых, создавших школу "Двигателестроения" МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Иващенко Н. А. не только проявляет живой интерес к двигателистам – создателям славы МГТУ им. Н. Э. Баумана, но и оказывает всестороннюю поддержку сотрудникам, работающим в настоящее время в МГТУ.

При его непосредственном участии подготовлен и защищен ряд кандидатских и докторских диссертаций. Во многом благодаря усилиям Н. А. Иващенко кафедра Э2 ("Поршневые двигатели") МГТУ остается ведущей кафедрой по двигателестроению. На ней работают 7 докторов технических наук, являющихся ведущими специалистами по соответствующим направлениям двигателестроения.

Результаты научной и педагогической деятельности П. А. Иващенко получили высокую оценку в кругах научной общественности. Н. А. Иващенко — заслуженный деятель науки РФ, член диссертационных советов, член редакционных коллегий журналов и сборников, председатель УМК по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" УМО по образованию в области электротехники и энергетики, член экспертного Совета ВАК России, действительный член Академии проблем качества Российской Федерации. Он награжден медалями РФ и международных организаций.

Поздравляя с юбилеем и отмечая большие заслуги в области двигателестроения, издательство "Машиностроение", редакционная коллегия журнала "Грузовик" и коллеги по работе желают Николаю Антоновичу крепкого здоровья и новых творческих успехов в научной и педагогической деятельности.

gz1110.fm Page 40 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

с ОАО "КАМАЗ"

В России запущена сборка первого грузового автомобиля Mercedes-Benz

30 сентября 2010 г. в России была запущена сборка первого грузового автомобиля Mercedes-Benz. Первым грузовым автомобилем, который собирается в Набережных Челнах на производственной линии компании "Мерседес-Бенц Тракс Восток", стал флагман бренда в сегменте международных перевозок Mercedes-Benz Actros 1841 LS.

Компания "Мерседес-Бенц Тракс Восток", совместное предприятие концерна Daimler AG и ОАО "КАМАЗ", начала свою работу в начале 2010 г. как генеральный импортер грузовых и специальных автомобилей Mercedes-Benz в России. В число ее приоритетных задач входило не только расширение дилерской сети и сети авторизованных сервисных партнеров, но и организация сборки грузовых автомобилей Mercedes-Benz в России.

Для осуществления последней задачи компанией "Мерседес-Бенц Тракс Восток" была выбрана производственная площадка в г. Набережные Челны. В течение 10 месяцев проводилось обучение технического персонала в Германии, закупалось и отстраивалось оригинальное оборудование, позволяющее собирать до 4500 автомобилей в год. 30 сентября линия сборки начала работу.

"Это важный исторический момент для Mercedes-Benz, — говорит Борис Биллих, генеральный директор "Мерседес-Бенц Тракс Восток", — впервые автомобиль марки Mercedes-Benz производится в России. Это показывает, насколько сильно мы заинтересованны в российском рынке, в том, чтобы увеличить на нем свою долю. Это также важная веха в сотрудничестве акционеров нашей компании — ОАО "КАМАЗ" и концерна Daimler AG, которые объединили свои усилия для поддержания позиции грузовиков Mercedes-Benz в России".

Модельный ряд грузовых автомобилей, которые будут собираться на заводе "Мерседес-Бенц Тракс Восток" в России, практически не ограничен. В первое время в основном будут обрабатываться заказы на Mercedes-Benz Actros и Axor, однако с увеличением объемов продаж для сборки в Набережных Челнах будут также доступны Mercedes-Benz Atego и специальные грузовые автомобили — Mercedes-Benz Zetros и Unimog. В 2011 г. начнется сборка обновленных моделей Mercedes-Benz Axor и Atego, мировая премьера которых состоялась в сентябре на выставке коммерческой техники IAA-2010 в Ганновере.

Качество грузовых автомобилей, собираемых в России, будет абсолютно идентично аналогам, выпускаемым на заводах в Германии или в Турции. Технический директор "Мерседес-Бенц Тракс Восток" Ян Бредак заявил: "Mercedes-Benz имеет более чем 40-летний опыт успешной организации сборки автомобилей в более чем 50 странах мира. Это дает нам уверенность в том, что хорошо обу-

gz1110.fm Page 41 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

ченные сотрудники и 100 % оригинальные компоненты позволят четко соблюсти высокие стандарты качества Mercedes-Benz".

Соответствие стандартам качества, по словам Константина Когогина, директора по продажам и маркетингу "Мерседес-Бенц Тракс Восток", является основным принципом работы компании в целом: "Мы стремимся не только увеличивать количество, но и повышать качество работы наших дилеров и сервисных партнеров. И уверены, что с автомобилями российского производства мы еще лучше сможем удовлетворять потребности наших клиентов".

Справка

ООО "МБ Тракс Восток"

Совместное предприятие концерна Daimler AG и ОАО "КАМАЗ" – компания "Мерседес-Бенц Тракс Восток" была создана в 2010 г. и является генеральным импортером грузовой и специальной техники Mercedes-Benz, а также автобусов Mercedes-Benz и Setra в России. Сбыт грузовых автомобилей Mercedes-Benz осуществляется компанией через дилерскую сеть, насчитывающую 20 официальных дилерских центров в крупнейших регионах России. Квалифицированное техническое обслуживание предлагают 32 авторизованных сервисных центра на территории РФ, а также крупнейшая сеть сервисных станций в Европе, работающих круглосуточно семь дней в неделю.

Mercedes-Benz Actros 1841 LS

Седельный тягач, предназначенный для эксплуатации в составе автопоезда полной массой до 44 т. Автомобиль оснащен V-образным 6-цилиндровым двигателем максимальной мощности 408 л. с. и с крутящим моментом 2000 Н · м. Высокотехнологичные электронные системы и 12-ступенчатая коробка передач Mercedes PowerShift с автоматической системой переключения передач, а также оснащение кабины кондиционером, независимым воздушным отопителем, холодильником и двумя комфортными спальными местами делают Actros 1841 LS одним из самых комфортных, безопасных и эффективных грузовых автомобилей в сегменте международных перевозок.

"Голубой коридор-2010" – на родине КАМАЗов

Автопробег грузовой и легковой газобаллонной техники "Голубой коридор-2010", проходивший по территории Центрального и Приволжского федеральных округов, сделал остановку в Набережных Челнах.

Второй по счету пробег автомобилей и автобусов, использующих компримированный (сжатый) природный газ в качестве моторного топлива, стартовал 17 сентября в Москве. Его организовали ОАО "Газпром", ООО "ВНИИГАЗ" и Национальная газомоторная ассоциация. Участники этого рекламно-коммерческого мероприятия посетили города Рязань, Пенза, Тольятти и Ульяновск, где провели встречи с представителями региональных и муниципальных властей, своими потребителями и представителями местных СМИ.

gz1110.fm Page 42 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

В Набережных Челнах колонна автопробега из 23 машин выстроилась на главной площади города, рядом со зданием мэрии. Среди них были три автобуса НЕФАЗ (пригородный 5299-11-31, городской полунизкопольный 5299-30-31 и вахтовый 4208-10-41 на шасси КАМАЗ-43114-30), мусоровоз с задней загрузкой БМ-53229Г-1 и комбинированная дорожная машина КО-829Б1 на шасси КАМАЗ-65115-30. Четыре единицы камазовской техники из пяти — дебютанты автопробега. На площади его участников и представителей предприятий-производителей газобаллонной техники приветствовали топ-менеджеры "КАМАЗа" во главе с первым заместителем генерального директора — исполнительным директором Юрием Клочковым, руководство города и челнинской фирмы "РариТЭК", партнера "КАМАЗа" по разработке, производству и сервису подобной техники.

Две коммунальные машины КАМАЗ и низкопольный автобус НЕФАЗ специально предназначены для городских нужд. Еще два автобуса изготовлены по специальному заказу "Газпрома". Особо следует отметить вахтовый автобус, предназначенный для доставки рабочих бригад на большие расстояния. Его запас хода не менее 700 км. Кроме того, в ряду камазовской газобаллонной линейки это первый автобус с рестайлинговой кабиной. В нем также применен ряд конструкторских решений, реализуемых на автомобилях нового модельного ряда.

Затем в администрации города состоялся круглый стол с обсуждением вопросов использования природного газа в качестве моторного топлива и пресс-брифинг. Представляя свою технику собравшимся, участники автопробега обратили их внимание на то, что уровень вредных выбросов автомобилей, работающих на природном газе, значительно ниже, чем у их бензиновых аналогов. Например, по двуокиси углерода CO_2 он меньше на 25 %, угарному газу — на 80 %. А так называемых "твердых частиц" газобаллонные грузовики и автобусы не выделяют вообще.

Во второй половине дня состоялся старт очередного этапа автопробега "Голубой коридор-2010". Караван газобаллонной техники будет принимать Казань, затем — Нижний Новгород. "Голубой коридор-2010" завершит свой путь в Москве.

Оживление рынка по-камазовски

Производство "КАМАЗа" достойно завершило сентябрь 2010 г., выполнив план по выпуску машкомплектов на 100 %.

Подразделения единого технологического цикла взяли с места в карьер: в первом же после корпоративного отпуска персонала месяце сдан 3631 машкомплект, в том числе 3348 грузовых автомобилей. План месяца по выпуску машкомплектов выполнен на 100 %. Всего же с начала года их выпущено 23 910 единиц, ровно столько, сколько за весь 2009 г. Кроме того, в сентябре произведено запасных частей на 506,5 млн руб. — на 37 млн руб. больше установленного, ввиду потребностей потребителей плана. "КАМАЗ-Дизель" выпустил и отгрузил своим потребителям в сентябре 4203 двигателя и силовых агрегата (+242 единицы к плану). За три квартала изготовлено этих видов продукции более 28,2 тыс. единиц.

Дилеры, сервисные центры, корпоративные и другие потребители КАМАЗа получили в этом году запасных частей на сумму более 7,1 млрд руб., в том числе в истекшем месяце — на 937 млн.

gz1110.fm Page 43 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

Даже беглый анализ выпуска автомобилей по семействам и моделям обнаруживает характерные признаки оживления рынка и роста спроса на автомобили КАМАЗ. Так, "антикризисное" семейство модернизированных автомобилей (КАМАЗ-65115, –65116, –65117, –65111), захватившее лидерство именно во время прошедшего спада производства, удерживает свои позиции и сегодня. В сентябре этих моделей выпущено более 1200 единиц — на 9 % больше, чем в предотпускном июле. Однако выпуск автомобилей семейства повышенной грузоподъемности (около десятка моделей на базе КАМАЗ-6520) показал за это время существенно больший прирост. Этих большегрузных автомобилей, как правило, точно определяющих тенденции изменения рынка сбыта и финансово-экономических показателей деятельности самой компании, в сентябре выпущено почти 500 единиц — на 15 % больше, чем в июле. Выпуск автомобилей полноприводного семейства (КАМАЗ-43118, –43114 и др.) в отчетном месяце также подтверждает стабильность роста спроса на основную продукцию КАМАЗа.

КАМАЗ: все для государства и его безопасности

ОАО "КАМАЗ" принимает участие в работе XIV Международной выставки средств обеспечения безопасности государства "Интерполитех 2010", проходившей с 26 по 29 октября в Москве, во Всероссийском выставочном центре.

Эта выставка, организуемая государством, ежегодно входит в число важнейших рекламно-коммерческих мероприятий ОАО "КАМАЗ". Компания как крупнейший производитель грузовых автомобилей в России рассматривается государством как гарант его транспортной безопасности и включена в список 18 стратегически важных предприятий российской экономики. Различные модификации мобильных и высокотехнологичных шасси и военных автомобилей КАМАЗ используются в подразделениях всех силовых структур государства и служб обеспечения его безопасности. КАМАЗ имеет более чем 30-летний опыт их создания и выпуска.

На выставке "Интерполитех 2010" КАМАЗ педставил две модернизированные модели своей универсальной серии автотехники.

Бронированный автомобиль КАМАЗ-43269 (4 × 4) выпускается в ЗАО "Ремдизель", дочернем предприятии ОАО "КАМАЗ". Идея его создания возникла в начале 80-х годов после того, как ведущие конструкторы "КАМАЗа" побывали в частях ограниченного контингента войск в Афганистане. С тех пор создано и эксплуатируется в силовых структурах государства множество модификаций этой машины. Бронеавтомобиль используется для сопровождения колонн, перевозки личного состава и грузов при выполнении миротворческих и других специальных операций взамен бронетранспортеров, а также как защитное базовое шасси для монтажа образцов вооружений и военной техники. Применялся он также и при перевозках ценных грузов и радиоактивных материалов.

Автомобиль КАМАЗ-43269 имеет серьезные преимущества даже перед хорошо известным бронетранспортером БТР-80: стоимость его ниже в 1,6 раза, ресурс выше, трудоемкость при ремонте и техническом обслуживании ниже. Эксплуатационные затраты КАМАЗа-43269 сохраняются на уровне армейского многоцелевого автомобиля. Это позволяет эксплуатировать автомобиль на дорогах

gz1110.fm Page 44 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

общего пользования без ограничений. К тому же управление и техническое обслуживание автомобиля не требует специально подготовки водителя.

Приказом начальника главного автобронетанкового управления Министерства обороны РФ от 14 августа 2008 г. базовое шасси КАМАЗ-43269 принято на снабжение Вооруженных Сил РФ.

Автомобиль специальный 4326-А3 на шасси КАМАЗ-4326-15 (4 × 4) предназначен для перевозки лиц, заключенных под стражу. Его кузов-фургон смонтирован из заливочных сэндвич-панелей с антивандальной визуально скрытой противопобеговой защитой. В нем оборудованы помещения для конвоя, одна одиночная и две общие камеры для спецконтингента, кабина с биотуалетом. Общая вместимость автомобиля 31 человек.

Кузов-фургон оснащен принудительной приточно-вытяжной вентиляцией, сигнальной громкоговорящей установкой СГУ "Премьер" в пылегрязезащитном исполнении, сигнально-переговорным устройством, автономным отопителем салона и двумя огнетушителями. Конструкции наружных элементов крепежных изделий, находящихся в камерах для спецконтингента и туалетной кабине, исключают их несанкционированный демонтаж. Электрические провода в огнезащитном исполнении проложены под внутренней обшивкой, защищены от механических повреждений и надежно закреплены.

КАМАЗ собирает индийских дилеров

23 октября в г. Бангалор (Индия) состоялась Конференция дилеров совместного российско-индийского предприятия "КАМАЗ ВЕКТРА МОТОРЗ ЛИМИТЕД" (КВМЛ).

На конференции собрались представители 12 индийский компаний-дилеров, работающих в 12 штатах страны. В мероприятии также приняли участие представители КАМАЗа и компаний-поставщиков, организаций, финансирующих индийских потребителей, приобретающих технику КАМАЗ местного производства.

В рамках конференции участники ознакомились с предварительным отчетом о результатах работы "КАМАЗ ВЕКТРА МОТОРЗ ЛИМИТЕД" за период с февраля 2010 года и наметят планы дальнейшего сотрудничества. Директор по маркетингу и рекламе ОАО "КАМАЗ" Ашот Арутюнян представил вниманию индийских коллег презентацию КАМАЗа и его продукции.

Совместное предприятие "КАМАЗ ВЕКТРА МОТОРЗ ЛИМИТЕД" официально открыло производство автомобилей КАМАЗ в г. Хосур на производственной базе индийской группы компаний "Вектра" в феврале 2010 г. В настоящий момент на совместном предприятии с проектной мощностью до 5 тыс. автомобилей в год производятся автомобили КАМАЗ-6540 с правосторонним расположением руля. В ближайшей перспективе планируется освоить выпуск магистральных тягачей КАМАЗ-5460.

"КАМАЗ" в тесном сотрудничестве с группой компаний "Вектра" входит в динамично развивающиеся сегменты автомобильного рынка Индии, где ни местные производители, ни европейские или азиатские покмпании пока не могут предложить доступный по цене и в то же время качественный товар.

(Департамент по связям с общественностью "КАМАЗ")

gz1110.fm Page 45 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

С АЗ "УРАЛ"

"Группа ГАЗ" представляет на форуме в Сочи перспективные самосвалы УРАЛ

Автомобильный завод "Группы ГАЗ" представил перспективные самосвалы — полноприводный УРАЛ-6370 и дорожный УРАЛ-6563 — на XII Специализированной выставке продукции автомобильной промышленности "Черноморский автосалон-2010". Выставка проходила в Сочи с 30 сентября по 2 октября 2010 г.

Полноприводный и неполноприводный самосвалы автозавод "УРАЛ" демонстрирует на сочинской выставке в связи с активной подготовкой олимпийских объектов к предстоящим XXII Зимним Играм: самосвалы УРАЛ являются незаменимой техникой на строительных площадках с необустроенными дорогами, поскольку отличаются повышенной проходимостью и высокой грузоподъемностью.

Центром экспозиции автозавода "УРАЛ" являлась принципиально новая разработка предприятия — полноприводный автомобиль-самосвал УРАЛ-6370 повышенной грузоподъемности (грузоподъемность 20 т, колесная формула 6 × 6, полная масса 33,5 т). Автомобиль обладает повышенным эксплуатационным ресурсом, поскольку создан в соответствии с принципами международной кооперации и оборудован комплектующими, отвечающими мировым стандартам качества: механической 16-ступенчатой коробкой передач ZF 16S2220TD с синхронизаторами на всех передачах, механической двухступенчатой раздаточной коробкой ZF с блокируемым межосевым дифференциалом, мостами Raba Maxs, фильтрами грубой очистки топлива PreLine, модульной светотехникой Hella повышенной ударопрочности.

Новый большегрузный УРАЛ-6370 оснащен двухместной кабиной бескапотного исполнения повышенной комфортности со спальным местом. В кабине улучшены интерьер и параметры рабочего места (обзорность и шумоизоляция). Опрокидывание кабины гидравлическое с возможностью дублирования электроприводом. Автомобиль оборудован трехконтурной пневматической рабочей тормозной системой с ABS. Большегрузный автомобиль-самосвал УРАЛ-6370 собирается на главном конвейере автозавода и может выпускаться в различном исполнении: седельный тягач, трубоплетевоз, самосвал и шасси с удлиненной базой под спецнастройки.

Представитель дорожной гаммы — неполноприводный самосвал УРАЛ-6563, колесная формула 8 × 4, грузоподъемность 25 т). Самосвал с задней разгрузкой предназначен для перевозки различных насыпных и навалочных строительных и промышленных грузов по дорогам I—IV категорий при температуре окружающего воздуха от –45 до +40 °С. Отличительной особенностью автомобиля УРАЛ-6563 является передняя подвеска разнесенного типа на полуэллиптических рессорах и с гидравлическими амортизаторами, которая ранее была применена на внедорожных автомобилях УРАЛ с колесной формулой 8 × 8, благодаря чему удалось увеличить грузоподъемность автомобиля. Все узлы и агрегаты автомобиля интегрированы в единую, эффективную и экономичную систему. Самосвал УРАЛ-6563 укомплектован бескапотной кабиной в исполнении без спального места. Объем применяемой самосвальной платформы 21 м^3, угол ее подъема — 50°. Самосвал укомплектован механической 16-ступенчатой коробкой передач ZF 16S1820 TO.

gz1110.fm Page 46 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

Оба автомобиля оснащены дизелем рядным шестицилиндровым ЯМЗ-650 мощностью 412 л. с., который выпускается ярославским моторным заводом "Автодизель" "Группы ГАЗ" по лицензии Renault Trucks. Семейство тяжелых рядных дизелей ЯМЗ-650, серийный выпуск которого ведется с 2007 г., предназначено для эксплуатации в составе грузовых автомобилей, седельных тягачей, шасси, магистральных автопоездов и самосвалов.

Автомобильный завод "УРАЛ" "Группы ГАЗ" увеличивает объемы продаж

По итогам девяти месяцев 2010 г. объем реализации продукции автомобильного завода "УРАЛ" "Группы ГАЗ" вырос на 53,9 % по сравнению с аналогичным периодом 2009 г. и составил 7543 автомобиля. За десять мевяцев 2009 г. автозавод "УРАЛ" реализовал 4902 грузовика.

Суточный темп сборки составляет 50 автомобилей в смену, и этот темп сохранится до конца года. В настоящее время на главном конвейере выпускается 250 различных модификаций автомобилей "УРАЛ".

Автозавод "УРАЛ" постоянно ведет работу по расширению модельного ряда выпускаемых автомобилей. Результатом этой работы стало серийное производство в первом полугодии 2010 г. нового бескапотного вахтового автобуса УРАЛ-32552-3011-59 с колесной формулой 4 × 4. В автомобиль внесено значительное число конструкторских изменений, которые в первую очередь коснулись кабины и агрегатов трансмиссии.

Существенные улучшения техники УРАЛ, отличающейся при большой грузоподъемности высокой надежностью и простотой технического обслуживания, сделали миасские автомобили еще привлекательнее для клиентов. В 2010 г. новые бескапотные автомобили приняли участие в нескольких масштабных российских и международных выставках: экспонировались на 11-й Международной специализированной выставке "Строительная техника и технологии-2010" и форуме "Нефтегаз-2010" в Москве, на "Черноморском автосалоне-2010" в Сочи.

В начале октября 2010 г. автозавод "УРАЛ" на выставке "Золотая очень", проходившей в Москве в рамках Российской агропромышленной недели, представил принципиально новый автомобиль — двухосный самосвал сельскохозяйственного назначения, созданный специально для агропромышленного комплекса на базе агрегатов серийного шасси "УРАЛ-43206". Автомобиль оборудован новым дизелем ярославского моторного завода "Автодизель" "Группы ГАЗ" ЯМЗ-534 (190 л. с.), соответствующим международному экологическому стандарту Евро-4. Создание этого автомобиля — продолжение традиции выпуска автозаводом "УРАЛ" автомобилей сельскохозяйственного назначения, заложенной еще в 80-е годы.

Ориентированность на потребителя и постоянное повышение качества выпускаемой продукции являются приоритетными направлениями работы предприятия. С июня на автозаводе "УРАЛ" внедрен и успешно функционирует новый инструмент контроля качества CSA ("Аудит готового автомобила глазами потребителя".

(Отдел массовых коммуникаций ОАО "Автомобильный завод "УРАЛ")

gz1110.fm Page 47 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

Редакция журнала "Грузовик участвовала во II Всероссийском конкурсе публикаций в СМИ по машиностроительной тематике и была награждена дипломом

СОЮЗ МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ РОССИИ

II Всероссийский конкурс публикаций
в средствах массовой информации
по машиностроительной тематике

ДИПЛОМ

Награждается

Редакция научно-технического и производственного журнала «Грузовик»

за активное участие
во Втором Всероссийском конкурсе публикаций в средствах массовой информации по машиностроительной тематике и проявленные при этом творчество и высокий профессионализм

Вице-президент
Союза машиностроителей России
В.В. Гутенев

Секретарь
Союза журналистов России
П.С. Гутионтов

Москва
2010 г.

gz1110.fm Page 48 Tuesday, November 16, 2010 10:50 AM

Abstracts of articles

2 *Chernyshov K. V., Pozdeyev A. V., Novikov V. V., Ryabov I. M.* Determination of optimal stiffness control of vehicle air suspension based

The article presents an analytical derivation of conditions regulating the stiffness of the vehicle suspension elastic element with an arbitrary law of kinematic perturbation and in this case achieved simulation results are presented with respect to air suspension with hydraulic shock absorber and without it.

Keywords: optimal control, suspension stiffness, Hamiltonian, elastic element, air spring, hydraulic shock absorber, vibroprotection, frequency resonance

12 *Nazarov A. D., professor, Ph. D.* General calculation method of V-8 engines'balance and of mass and geometric parameters of their crankshafts counterweights

Given are formulas, which allow to determine thru calculation method factual balance of V-8 engines, mass and geometric parameters of crankshafts' counterweights while using initial, modified and improved parts of crank-connecting rod mechanism of nominal and of repair sizes. All conditions, which provide real balance of V-8 engines, are fully honored. This increases main quality parameters or engines.

Keywords: balance of engines, crankshaft, counterweights, mass and geometric parameters, calculation

8 *Grushev V. V., Ljashev D. N.* Deformation nano-designing of the blanket of details of cars in the course of ultrasonic processing

In work questions of increase of operational properties of a product by creation and regulation nanokristalicheskoj structures of a blanket in the course of ultrasonic processing are considered

Keywords:

35 *Khodosovsky Y. V.* Multipurpose vehicle's (MPV's) average speed rated dependence in road curvature

Automobile's average speed has objective and natural constraints related to the physics of the movement process. In the article is researched a road curvature effect on automobile's average speed and is given rated dependences.

Keywords: speed, a road curvature, automobile

16 *Kozyrev V. V., Kozyreva L. V., Chupyatov N. N., Rybakov L. B.* The application of metallized materials based on technical ceramics for repairing production

The metallization process powders and technical ceramics fibers used for obtaining the wear-resistant deposits at parts restoration is described.

Keywords: technical ceramics, metallization, wear-resistant coating

20 *Okolovich G. A., Okolovich A. G.* New manufacturing techniques of steel piston rings

The manufacturing techniques of steel piston rings are developed by a method of cold plastic deformation at drawing. Modes of thermal processing are certain at рекристаллизационном holiday, термофиксации and термостабилизации. Calculation of a degree of plastic deformation is executed at drawing. The substantiation of a choice tool сталей is lead. Ways of химико-thermal processing of drawing rollers and steel piston rings are investigated.

Industrial tests of rings have shown increase of operational stability 1,5—2 times in comparison with pig-iron rings.

Keywords: steel piston rings, dragging, deformation, thermal processing (heat treatment технич.), recrystallization, thermostabilization, thermofixation, karbonitratsiya, wearproofness, tool, rollers, poligonizaciya, distribution

26 *Faskhiev Kh. A., Galimjanov A. D.* Tests at bench and road operational development of cars

The basic preconditions of the accelerated bench and road operational development of details of lorries are resulted. In the presence of norms of durability at a development cycle conformity of a detail to operational requirements can be checked easily up. The technique of the accelerated definition of characteristics of resistance of weariness of details is offered.

Keywords: a detail, test, durability, research of loadings, norms of durability

38 *Nikolay* Antonovuch Ivashchenko

40 *News*

Художественный редактор *Т. Н. Галицына*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Т. В. Пчелкина*

Сдано в набор 24.09.2010. Подписано в печать 03.11.2010. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5.88. Уч.-изд. л. 6,56. Заказ 409. Тираж 150 экз.

Отпечатано в ЗАО "Компания ИМАДЖВЕЙВ". 119607, г. Москва, Мичуринский проспект, д. 27, стр. 2