gz412.fm Page 1 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

Грузовик с приложением

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Учредитель
ООО "Издательство Машиностроение"

Главный редактор
С. Н. Педенко

Редакционный совет

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

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

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

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

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

Подписной индекс:
по каталогу "Роспечать" 37349,
по объединенному каталогу
"Пресса России" 39799,
по каталогу "Почта России" 25782

© ООО "Издательство Машиностроение",
"Грузовик", 2012

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

Конструкция

2 *Выгонный А. Г., Князева Е. Н., Баулин С. С., Митюрич Ф. П.* Расчет характеристик прочности балок ведущих мостов с кожухами полуосей, запрессованными в картер главной передачи

Исследование. Расчет

8 *Деев А. А., Картуков А. Г.* Исследования процессов приработки сопряжений двигателя внутреннего сгорания

Эксплуатация. Ремонт

11 *Антипенко В. С., Лебедев С. А., Исаев Д. И.* Требования к системам электростартерного пуска с комбинированными источниками тока и рекомендации по их использованию

13 *Рябов И. М., Чернышов К. В., Залимханов Т. Б., Абдуллаев М. Ш.* Повышение активной безопасности автобусов особо малой вместимости в системе водитель—автомобиль—дорога—среда—пассажиры с помощью информационного устройства

19 *Оленин Л. Д.* Безотходное изготовление точных заготовок под холодное выдавливание деталей автостроения

Надежность

24 *Егоров В. А., Краснов Ю. А., Ременцов А. Н.* Оценка систематической ошибки при анализе надежности с использованием результатов незавершенных испытаний узлов и агрегатов автомобиля

Качество

31 *Горин С. Л., Харламов П. В.* К вопросу улучшения качества динамической балансировки автомобильного колеса с широкопрофильной шиной

Экономика

34 *Филиппов А. Г., Янчевский В. А.* Технико-экономические аспекты применения на автомобилях автономных жидкостных подогревателей

40 *Фасхиев Х. А., Крахмалева А. В.* Проверка соответствия цены грузового автомобиля уровню его потребительских свойств

Материалы

45 *Волков Г. М.* Альтернативная технология традиционных материалов конструкционного назначения

48 *Abstracts of ariticles*

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

4 '2012

gz412.fm Page 2 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

КОНСТРУКЦИЯ

УДК 629.114.4

А. Г. Выгонный, Е. Н. Князева, канд-ты техн. наук, **С. С. Баулин**, инж.,
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, **Ф. П. Митюрич**, инж., МАЗ
E-mail: alena.kniazeva@tut.by

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЧНОСТИ БАЛОК ВЕДУЩИХ МОСТОВ С КОЖУХАМИ ПОЛУОСЕЙ, ЗАПРЕССОВАННЫМИ В КАРТЕР ГЛАВНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Рассмотрены особенности конструкции балки ведущего моста, состоящей из кожухов полуосей, запрессованных в картер главной передачи. Показано, что при определении характеристик прочности исследуемой балки необходимо применение комбинированного подхода, включающего моделирование с использованием метода конечных элементов и аналитический расчет сварных заклепок методами сопротивления материалов. Предложены и обоснованы модели и расчетные схемы для определения характеристик прочности исследуемой конструкции с учетом ее особенностей.

Ключевые слова: *балка ведущего моста, посадка с натягом, сварное соединение, конечно-элементное моделирование, контактная пара, напряженно-деформированное состояние, коэффициент запаса прочности.*

(Рисунки 1—7 на 2-й и 3-й полосе обложки)

Введение. При проектировании узлов и деталей трансмиссии необходимым этапом является их проверочный расчет на прочность. Это относится к балкам ведущих мостов. Они воспринимают значительные по величине вертикальные, боковые и горизонтальные реакции, возникающие в области взаимодействия колес с опорной поверхностью, а также реактивный тяговый и реактивные тормозные моменты.

В современных грузовых среднетоннажных автомобилях достаточно широко применяются балки ведущих мостов, образованные картером главной передачи, в рукава которых запрессованы кожухи полуосей (рис. 1). Одним из наиболее опасных для данной конструкции является нагружение крутящими моментами, обусловленными действием сил, передающихся со стороны подшипников главной передачи. Как правило, натяга при посадке, заданного в пределах, установленных нормативной документацией, не достаточно, чтобы обеспечить относительную неподвижность кожухов полуосей и рукавов труб при данном сложном нагружении, включающем скручивание конструкции. Относительное смещение обозначенных поверхностей приводит к неработоспособности моста. Для предотвращения подобных негативных явлений фиксация перемещений кожухов полуосей относительно рукавов картера осуществляется не только натягом при посадке, но и сварными соединениями. Они создаются следующим образом: в рукавах картера высверливаются диаметрально расположенные отверстия, которые завариваются после того, как кожухи полуосей запрессованы. Также следует отметить, что литой картер главной передачи имеет достаточно сложную геометрию поверхности, включающую ребра жесткости, бобышки и т. д. В результате рассмотренных особенностей исследуемая конструкция является сложной для расчета, а задача определения ее характеристик прочности — нетривиальной.

Цель работы — построить обоснованные расчетные схемы и определить характеристики прочности деталей исследуемой балки ведущего моста

gz412.fm Page 3 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

с учетом ее основных конструкционных особенностей. При аналитическом расчете прочности методами сопротивления материалов балка моста представляется в виде цельного объекта, жестко закрепленного в рессорных площадках [1]. Изгибающие нагрузки и реактивные тормозные моменты прикладываются к торцам, а реактивный момент, возникающий при разгоне автомобиля, — в сечении, соответствующем входному валу главной передачи. Далее с помощью метода сечений определяют внутренние силовые факторы, действующие в рассматриваемой модели балки моста. Исходя из формы поперечного сечения, рассчитывают действующие напряжения и соответствующие коэффициенты запаса прочности. Изложенный подход подразумевает существенную схематизацию конструкции исследуемой балки. В результате могут быть не приняты во внимание области снижения запаса прочности вблизи концентраторов, обусловленных резким изменением геометрии (в окрестности ребер жесткости, бобышек и т. д.). Кроме того, аналитический расчет не позволяет учесть особенности поведения балки в областях запрессовки и сварки. Более эффективным является моделирование с использованием метода конечных элементов и основанных на нем пакетов прикладных программ, которые позволяют достаточно точно аппроксимировать геометрию сложных деталей, учесть все изменения формы и типы сопряжений между компонентами.

Вместе с тем конечно-элементный анализ не позволяет смоделировать запрессовку кожухов и заваривание отверстий как последовательность операций, что будет показано далее при описании модели балки. Поэтому при расчете рассматриваемой конструкции целесообразно применить комбинированный подход, основанный на численных и аналитических методах.

Описание конечно-элементной модели и расчетных схем. За основу для создания конечно-элементной модели взята трехмерная геометрическая модель исследуемой балки (рис. 2). Натяг при посадке кожухов полуосей в рукава картера моделируется путем задания соответствующих размеров деталей. Внешний диаметр кожухов исследуемой балки в области посадки составляет $98^{+0,139}_{+0,104}$ мм, внутренний диаметр рукавов картера $98^{+0,035}$ мм. Для моделирования сварных заклепок (см. рис. 1) из рукавов выделяются четыре объема, боковые грани которых описываются цилиндрами с радиусом, равным радиусу заклепок.

На базе трехмерной CAD-модели средствами пакета ANSYS Workbench построена соответствующая конечно-элементная модель. Для ее заполнения использованы преимущественно тетраэдальные элементы, поскольку они позволяют наиболее точно аппроксимировать сложную геометрию литого картера. Более мелкое разбиение задано в следующих областях: в области посадки труб в банджо; в области сварки (рис. 3).

В работе [3] предложено все детали расчетной модели балки объединить в монолитную конструкцию. Это позволяет сократить время расчета. Но применение данного подхода при моделировании исследуемой балки ведущего моста (состоящей из кожухов полуосей, запрессованных в картер главной передачи) приведет к результатам, не соответствующим действительности. Это видно из схемы области запрессовки (см. рис. 1) и связано с тем, что натяг при посадке будет создавать собственное поле напряжений, которое невозможно учесть, если объединить рукав и кожух полуоси в одну деталь. Поэтому в исследуемой модели для приведения ее в соответствие с реальной конструкцией целесообразно задание ряда контактных пар.

В области сопряжения трубы и рукава банджо построена контактная пара с относительным радиальным смещением взаимодействующих поверхностей. Величина смещения равна половине разницы внешнего диаметра кожуха и внутреннего диаметра рукава. Коэффициент трения равен 0,15, что соответствует коэффициенту трения стали о сталь при отсутствии смазочного слоя [2].

В реальной конструкции для предотвращения проворачивания кожухов относительно картера в рукавах картера просверлены отверстия, которые завариваются, после того, как кожухи полуосей запрессованы. Смоделировать точно последовательность данных операций не представляется возможным. Но в некотором приближении она может быть определена путем задания неразрывного контакта между вырезанными из рукава объемами,

gz412.fm Page 4 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

моделирующими заклепки и сопряженными с ними поверхностями рукавов и кожухов. Данная операция вызовет появление необоснованного очага концентрации напряжений у основания вырезанного объема в области контакта с трубой, что связано с натягом при посадке. Эта зона может быть исключена из рассмотрения при анализе результатов. Согласно принципу Сен-Венана указанная концентрация не окажет влияния на характеристики прочности, полученные для остальных областей модели.

В области взаимодействия труб и рессорных площадок также заданы контактные пары. Для обеспечения стабильности модели и сокращения времени на вычисление тип контакта принят неразрывным.

Практический интерес представляют следующие расчетные случаи:

1 — ненагруженное состояние балки — для анализа влияния натяга при посадке кожухов в рукава на напряженно-деформированное состояние и характеристики прочности конструкции;

2 — нагружение статической вертикальной нагрузкой, приходящейся на ось;

3 — нагружение в режиме разгона автомобиля включает скручивание средней части балки моментом, образованным силами, передающимися со стороны подшипников главной передачи;

4 — нагружение в режиме торможения — включает скручивание торцевых частей кожухов полуосей тормозными моментами, передающимися со стороны суппортов тормозных механизмов.

Расчетные формулы для определения величин нагрузок, действующих на балку, рассмотрены в специализированной литературе [1]. Более подробно схемы приложения сил и моментов при выполнении конечно-элементного моделирования балок ведущих мостов методом конечных элементов рассмотрены в работе [4].

В качестве граничных условий для построенной модели задано упругое опирание балки на верхние части рессорных площадок. Жесткость опоры равна жесткости рессоры. Данный тип граничных условий позволяет избежать появления необоснованных очагов концентрации напряжений в области рессорных площадок.

В модель также введена сила Q затяжки стремянок, стягивающих рессоры и нижние части рессорных опор. Ее величина может быть приближенно оценена соотношением [5]:

$$Q \approx \frac{M}{0{,}2d}, \qquad (1)$$

где M — момент затяжки; d — диаметр резьбы.

При определении влияния натяга при посадке на напряженно-деформированное состояние элементов балки в ненагруженном состоянии принято наибольшее значение натяга (диаметр трубы 98,139 мм, внутренний диаметр рукава 98,000 мм).

В расчетах прочности в нагруженном состоянии рассмотрен случай, соответствующий минимальному натягу при посадке, когда диаметр трубы принимает наименьшее значение (98,104 мм), а внутренний диаметр рукава наибольшее (98,035 мм).

Дополнительно выполнено исследование характеристик прочности балки в нагруженном состоянии при максимальном натяге в области запрессовки.

Результаты расчета прочности балки ведущего моста, состоящей из кожухов полуосей, запрессованных в картер главной передачи. Конечно-элементное моделирование и расчет балки позволили получить характеристики ее напряженно-деформированного состояния для обозначенных выше расчетных случаев.

Расчет балки при отсутствии внешних сил и максимальном натяге в области запрессовки показал, что кожух полуоси находится под действием сжатия, в рукаве же возникают преимущественно растягивающие напряжения, поля которых расходятся от области запрессовки. Интерес представляет вопрос, насколько создаваемые посадкой напряжения опасны с точки зрения прочности исследуемой конструкции.

Выполненные расчеты позволили установить, что при отсутствии внешних нагрузок напряжения, действующие в кожухе полуоси, не представляют существенной опасности, поскольку они являются сжимающими. С точки зрения прочности более опасны растягивающие напряжения, возникающие в рукавах под действием натяга при посадке. Расчеты показали, что основные

gz412.fm Page 5 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

области концентрации формируются в конструкции на краю рукава картера (рис. 4): у верхнего ребра (коэффициент запаса прочности 2,2—2,4) и в области ребра, примыкающего к внутренней цилиндрической поверхности рукава (коэффициент запаса 2,2). Область в окрестности сварки не рассматривается, значительное снижение запаса прочности в ней связано со спецификой построения модели, отмеченной выше. В остальных областях существенных скачков напряжений не наблюдается.

Таким образом, выполненный расчет модели, ненагруженной внешними силами, показал, что натяг при посадке, принятый в пределах, установленных конструкторской документацией, не приводит к нарушению прочности элементов конструкции исследуемого картера.

Выполнен расчет балки ведущего моста при минимальном натяге в области запрессовки кожухов. Действующие внешние нагрузки соответствуют режимам вертикального статического нагружения, разгона и торможения. В результате выделены следующие основные области снижения запаса прочности:

- нижняя поверхность кожухов полуосей у границы области запрессовки (рис. 5). Она обусловлена действием растягивающих напряжений, которые возникают при изгибе балки вертикальными (все варианты нагружения) и горизонтальными (при разгоне и торможении) силами. Кроме того, определенное значение в формировании данного очага концентрации напряжений имеет наличие геометрического концентратора — выступа между областью запрессовки и внешней частью кожуха;
- верхнее ребро у края рукава картера. Данная область снижения запаса прочности была отмечена при расчете балки в ненагруженном состоянии (см. рис. 4) и изначально обусловлена действием натяга при посадке. Изгиб балки при приложении вертикальной и горизонтальной нагрузок приводит к росту растягивающих напряжений в отмеченной области и снижению коэффициента запаса прочности;
- кожух от суппорта тормозного механизма до рессорной площадки (рис. 6). Как показало выполненное моделирование, концентрации напряжений в данной области образуются преимущественно под действием нагрузок, связанных со скручиванием балки, которое характерно для разгона и торможения;
- крышка картера (рис. 7). Области снижения запаса прочности связаны с действием растягивающих напряжений. Они формируются в нижней части у концентраторов, обусловленных резким изменением геометрии поверхности под действием преимущественно вертикальных нагрузок.

В таблице приведены минимальные значения коэффициентов запаса прочности для отмеченных опасных областей исследуемой балки в нагруженном состоянии.

Как следует из представленных результатов, условие прочности для исследуемой балки везде выполнено.

Дополнительно рассмотрен случай, когда на балку действуют внешние нагрузки, а натяг в области запрессовки кожухов принимает максимальное значение. Расчет выполнен только для вариантов нагружения, соответствующих действию вертикальной статической нагрузки и разгону. Это связано с тем, что преимущественно в данных условиях может наблюдаться значительное отличие прочностных характеристик балки от приведенных в таблице для случая минимального натяга. Выполненный расчет показал, что при увеличении натяга до максимального значения коэффициент запаса прочности заметно снизился только на верхнем ребре у края рукава картера. Это подтверждает отмеченный выше вывод о том, что данный концентратор напряжений преиму-

Таблица

Область/деталь балки	Вариант нагружения		
	Вертикальное	Разгон	Торможение
Нижняя поверхность кожуха у границы области посадки	2,36	1,64	2,6
Верхнее ребро у края рукава картера	1,89	1,79	1,91
Кожух от суппорта тормозного механизма до рессорной площадки	4,3	2,93	1,67
Крышка картера	3,59	1,74	5,4

gz412.fm Page 6 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

щественно обусловлен натягом при запрессовке (см. рис. 4). При вертикальном статическом нагружении минимальное значение коэффициента запаса в отмеченной области снизилось до 1,42, а при нагружении, соответствующем разгону, — до 1,39.

При необходимости, напряжения в некоторых из отмеченных зон, характеризующихся наименьшим значением коэффициента запаса прочности, могут быть снижены. Для этого необходимо выполнить оптимизацию картера по критерию снижения массы при обеспечении заданных показателей прочности. Один из подходов для решения данной задачи описан в работе [6]. В качестве варьируемых параметров могут быть рассмотрены геометрические параметры кожухов и картера, в том числе его крышки.

Выполненный расчет не позволил установить характеристики прочности сварных соединений рукавов картера и кожухов полуосей (ввиду особенностей построения конечно-элементной модели и невозможности одновременного учета натяга при посадке и неразрывного сопряжения, обусловленного сваркой). Но приближенная оценка может быть получена с использованием методов сопротивления материалов.

Оценка прочности сварных соединений кожухов полуосей и рукавов картера. Если представить объем, заполненный сваркой, в виде штыря, неразрывно соединенного с кожухом, то условие прочности исследуемого сварного соединения записывается в виде:

$$M_{\text{кр}} \leqslant [M_{\text{пос}}] + 2[M_{\text{ср}}], \qquad (2)$$

где $M_{\text{кр}}$ — момент, скручивающий рукава картера при разгоне и обусловленный действием сил, передающихся на опоры вала шестерни главной передачи; $[M_{\text{пос}}]$ — момент, который способна передать посадка с натягом, при сохранении относительной неподвижности поверхностей кожуха и рукава в области от внутренней части до сварки; $[M_{\text{ср}}]$ — предельное значение момента, который может передать штырь, моделирующий заклепку.

Момент, скручивающий балку при разгоне, определяется по соотношению:

$$M_{\text{кр}} = \frac{1}{2}(R_{zA}a - R_{zB}b), \qquad (3)$$

где R_{zA} и R_{zB} — величины вертикальных составляющих реакций, возникающих в конических подшипниках, на которых посажен вал шестерни главной передачи; a и b — расстояния от оси балки до точек приложения реакций, действующих в соответствующих подшипниках, в проекции на ось вала шестерни.

Максимальный момент, который может передать посадка с натягом без относительного смещения поверхностей, определяется [7] следующим образом:

$$[M_{\text{пос}}] = \frac{\mu\pi d^2 L}{2k} q, \qquad (4)$$

где μ — коэффициент трения. Коэффициент трения стали о сталь при отсутствии смазочного слоя может быть принят равным 0,15; d — диаметр посадочной поверхности; L — длина посадочной поверхности от края контакта с рукавом (ближнего к главной передаче) до области сварки; k — коэффициент запаса сцепления $k \approx 1{,}5$—$2{,}0$; q — номинальные контактные давления в рассматриваемой области. При контакте толстостенных цилиндров они определяются как

$$q = \frac{\delta}{d\left(\dfrac{c_1}{E_1} + \dfrac{c_2}{E_2}\right)},$$

где δ — диаметральный натяг при посадке. Для исследуемой балки рассмотрим наиболее опасный вариант, когда диаметр трубы принимает наименьшее значение (98,104 мм), а внутренний диаметр рукава наибольшее (98,035 мм), т. е. диаметральный натяг минимален $\delta = 0{,}069$ мм; E_1 и E_2 — модули упругости сталей, из которых изготовлены посадочные поверхности; c_1 и c_2 — коэффициенты:

$$c_1 = \frac{1 + \left(\dfrac{d_1}{d}\right)^2}{1 - \left(\dfrac{d_1}{d}\right)^2} - \nu_1;$$

gz412.fm Page 7 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

$$c_2 = \frac{1 + \left(\frac{d}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{d_2}\right)^2} - \nu_2,$$

где d_1 — диаметр внутреннего отверстия в кожухе полуоси; d_2 — наружный диаметр рукава картера; ν_1 и ν_2 — коэффициенты Пуассона материалов, из которых изготовлены посадочные поверхности.

Если, крутящий момент, действующий на систему, превышает $[M_{пос}]$, рассчитанное по формуле (4), то область сварки начинает работать на сдвиг. Для заклепки, согласно работе [8]

$$[F_{ср}] = A[\tau], \qquad (5)$$

где $[F_{ср}]$ — предельное значение силы, под действием которой происходит срез заклепки; $[\tau]$ — предельно допустимое значение касательных напряжений в заклепке [8] можно принять $[\tau] = (0{,}5—0{,}6)\sigma_в$. Можно принять, что при сваривании картера главной передачи и кожуха, материал области сварной заклепки, непосредственно примыкающей к кожуху (которая и работает на сдвиг) преимущественно совпадает со сталью, из которой кожух изготовлен; A — площадь поперечного сечения заклепки,

$$A = \frac{\pi d_0^2}{4},$$

здесь d_0 — диаметр заклепки.

Заклепки на рукаве расположены оппозитно, следовательно

$$[M_{ср}] = [F_{ср}]d. \qquad (6)$$

Если подстановка в соотношение (2) значения параметров $M_{кр}$, $[M_{пос}]$ и $[M_{ср}]$, рассчитанных по формулам (3)—(6), показала, что условие прочности выполнено, то коэффициент запаса для сварных соединений кожухов и рукавов определяется как

$$K_{st} = \frac{[M_{пос}] + 2[M_{ср}]}{M_{кр}}.$$

Для исследуемой балки $K_{st} = 2{,}7$.

Заключение. Предложенный комбинированный подход к расчету прочности балки, состоящей из кожухов полуосей, запрессованных в картер главной передачи, включает в себя моделирование исследуемой конструкции с использованием метода конечных элементов и аналитический расчет сварных заклепок методами сопротивления материалов. Он позволяет учесть основные особенности (натяг при посадке кожухов в рукава картера и неразрывное соединение в области сварных заклепок) и получить достоверные сведения о характеристиках прочности во всех областях исследуемой балки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Лукин, П. П.** Конструирование и расчет автомобиля [Текст] / П. П. Лукин, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. — М.: Машиностроение, 1984. — 376 с.
2. **Анурьев, В. И.** Справочник конструктора-машиностроителя [Текст]: в 3 т. / В. И. Анурьев. — 8-е изд. — М.: Машиностроение, 2001. — Т. 1. — 920 с.
3. **Захарик, Ан. М.** Исследование прочности картера ведущего моста большегрузного автомобиля методом конечных элементов [Текст] / Ан. М. Захарик, Ал. М. Захарик, А. Г. Выгонный, Ю. М. Захарик, Д. В. Вихренко // Вестник машиностроения. — 2006. — № 11. — С. 21—23.
4. **Князева, Е. Н.** Расчет прочности картеров ведущих мостов методом конечных элементов [Текст] / Е. Н. Князева, А. С. Ковеня // Механика-2011: сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теорет. и прикл. механике ОИМ НАН Беларуси, Минск, 26—28 окт. 2011 г.: в 2 т. / ОИМ НАН Беларуси; под общ. ред. акад. М. С. Высоцкого. — Минск, 2011. — Т. II. — С. 119—124.
5. **Решетов, Д. Н.** Детали машин [Текст] / Д. Н. Решетов. — М.: Машиностроение, 1983. — 160 с.
6. **Захарик, Ан. М.** Оптимизация конструкции картера ведущего моста большегрузного автомобиля [Текст] / Ан. М. Захарик, Ал. М. Захарик, А. Г. Выгонный, Ю. М. Захарик, Д. В. Вихренко // Вестник машиностроения. — 2006. — № 11. — С. 23—25.
7. **Биргер, И. А.** Расчет на прочность деталей машин [Текст]: Справочник / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. — М.: Машиностроение, 1979. — 702 с.
8. **Подскребко, М. Д.** Сопротивление материалов [Текст] / М. Д. Подскребко. — Минск: Высшая школа, 2007. — 797 с.

gz412.fm Page 8 Wednesday, April 11, 2012 2:18 PM

УДК 629.113

А. А. Деев, инж, **А. Г. Картуков**, канд. техн. наук, Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище (военный институт)
E-mail: kartalg@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИРАБОТКИ СОПРЯЖЕНИЙ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Большинство трибосопряжений, в частности в двигателе внутреннего сгорания (ДВС), прирабатываются в условиях жидкостного, граничного и сухого трения. Приведены результаты экспериментальных исследований, показывающие возможность применения акустической эмиссии (АЭ) для определения переходных процессов в сопряжении, что позволяет определить момент разрушения смазочного покрытия и предотвратить нежелательные процессы появления абразивного износа, которые приводят к образованию дефектов.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, сопряжения, акустическая эмиссия.*

Смазочное покрытие или слой смазки, кроме функций разделения контактирующих поверхностей и локализации сдвиговых деформаций в тонком слое покрытия, выполняет еще одну существенную роль — демпфирование ударного взаимодействия микронеровностей. Ухудшение же условий приработки подвижного сопряжения ДВС, как правило, связано с выработкой смазки из-за засоренности масляного канала либо при больших удельных нагрузках происходит его интенсивное разрушение и потеря смазочной способности. При этом происходит активация физико-механических и химических процессов в контактной зоне, что приводит к быстропротекающим процессам деформирования поверхностной зоны, структурным превращениям, впоследствии к образованию абразивного износа при сухом трении.

По мнению различных авторов [1, 2], изменение условий смазки в процессе приработки сопряжений всегда можно определить по изменению основных триботехнических параметров, которыми являются коэффициент трения и температура поверхностей трения. Изменение напряженно-деформированного состояния поверхностных слоев при трении, неразрывно связано с различными эмиссионными процессами, такими как акустическая эмиссия (АЭ), которые должны с большей точностью отслеживать перечисленные процессы изменения трибологической системы в ходе приработки [3]. Поэтому большое значение для практического применения имеют результаты исследования закономерностей изменения различных контролируемых параметров при изменении условий смазывания в процессе приработки сопряжений.

Исследования проводились на триботехническом комплексе, основными элементами которого являются машина трения СМЦ-2 и АЭ-прибор A-Line 32D (рис. 1). В качестве пары трения

Рис. 1. Триботехнический комплекс для исследования процессов приработки сопряжений

gz412.fm Page 9 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

использовалось реальное сопряжение шейка-вкладыш коленчатого вала дизельного двигателя КамАЗ-740.11. В качестве контролирующих параметров процессов трения использовались скорость счета АЭ (число импульсов АЭ), коэффициент трения и температура поверхностей трения. Обработка значений всех контролируемых параметров осуществлялась в блоке сбора и обработки данных АЭ-прибора и отображалась на мониторе компьютера в программном приложении A-Line 32D (PCI-8) Net 4.92.

Сначала осуществлялась приработка при сухом трении и неизменной нагрузке, соответствующей 1 МПа. Через 2 мин посредством дозатора в трибосопряжение вводилось некоторое количество смазочного масла с температурой окружающей среды 20 °С.

Анализ полученных результатов (рис. 2) свидетельствует о том, что сухое трение характеризуется относительно большими значениями как скорости счета АЭ, так и коэффициента трения и вызывает интенсивное увеличение значений температуры поверхностей трения (см. рис. 2, участок Т1—Т2). В частности, значительная дисперсия скорости счета АЭ определяет повышенное изнашивание в сопряжении, вызывающее увеличение энергии в виде акустического излучения.

Введение смазки в контакт приводит к резкому снижению скорости счета с 8000 имп/с до 1600—1800 имп/с, а также уменьшению коэффициента трения (с 0,28 до 0,08) и температуры в зоне контакта с 32 до 26 °С (см. рис. 2, участок Т2—Т3).

Из рис. 2 на участке Т3—Т4, видно, что при трении со смазочным покрытием наблюдается незначительное монотонное возрастание скорости счета АЭ, характеризующее процесс трения в неустановившемся режиме без интенсивного разрушения микронеровностей, обусловленных упругопластической составляющей процесса. Происходит образование устойчивого граничного смазочного слоя, обусловленного как действием смазки, так и силами адгезии образовавшихся слоев.

По мере выработки смазки происходит ухудшение условий трения, после чего происходит резкое увеличение скорости счета АЭ с 2000 до 2600 имп/с на участке Т4—Т5. При постепенной выработке смазки ухудшаются свойства адсорбции, что приводит к появлению сухого трения вершин микронеровностей, вызывающее отделение более крупных дислокаций. Появляются дополнительные дискретные импульсы АЭ, характеризующиеся последующим скачкообразным увеличением скорости счета АЭ, обусловленного изменением дислокационной структуры поверхностного граничного слоя, отделением больших частиц износа, интенсивной пластической деформацией, оказывающих существенное влияние на взаимодействие поверхностей трения. К 8-й мин испытаний значение скорости счета АЭ достигает своих величин, соответствующих приработке при отсутствии смазки. В результате при дальнейшей приработке наблюдается переход от одного вида изнашивания (адгезионного) к другому (главным образом, абразивному), следствием которого является и развитие микродефектов в виде задиров при интенсивном разрушении поверхностных слоев, выраженных значительным скачком скорости счета АЭ до 14000 имп/с на участке Т5—Т6.

В то же время наблюдается значительная нестабильность и коэффициента трения, однако изменение состояния смазывающего покрытия не приводит к резкому увеличению силы

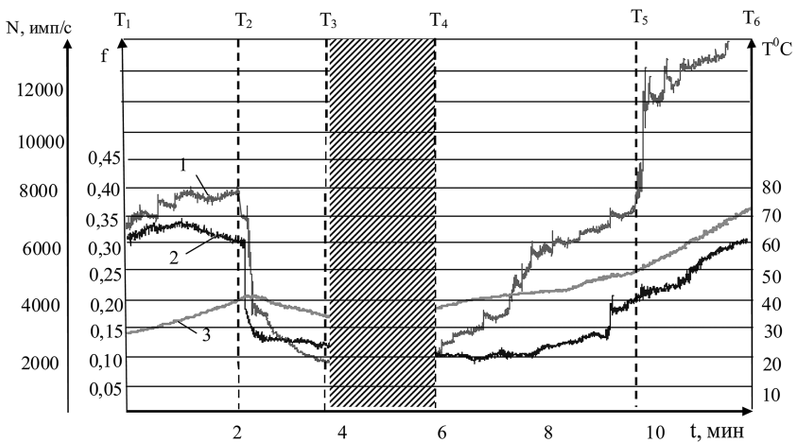


Рис. 2. Зависимость контролируемых параметров от условий смазки:

1 — скорость счета АЭ; 2 — коэффициент трения; 3 — температура поверхностей трения (при P = 1 МПа, v = 600 об/мин)

gz412.fm Page 10 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

трения. В частности, в работе Баранова В. М. [4] указывается, что появление так называемого "скачка" коэффициента трения возможно при разрушении не менее 40 % площади смазочного покрытия. Резкое возрастание коэффициента трения по мере разрушения смазочного слоя наступает позднее, чем увеличение параметра АЭ в этот же период времени. Наиболее интенсивное увеличение коэффициента трения появляется ближе к 10-й мин испытания (см. рис. 2, участок Т4—Т5).

Из сопоставления чувствительности применяемых контролируемых параметров к изменению условий смазки, наименее чувствительной характеристикой оказалась температура поверхностных слоев. В процессе всего испытания изменение температурного градиента носит значительно более инерционный характер, чем изменение сил трения и скорости счета АЭ. При вводе смазки температура снижается незначительно, а резкое ее увеличение наблюдается лишь после 10 мин испытания, при полной выработке смазки и развитии микродефектов на поверхностях (см. рис. 2, участок Т4—Т5).

Таким образом, резкое увеличение температуры поверхностей трения и коэффициента трения характеризует появление патологических явлений, связанных с разрушением смазочного слоя, как о свершившимся факте, не предупреждая о начале развития этого процесса. Это позволяет предполагать о том, что скорость счета АЭ наиболее чувствительна к состоянию отдельных пятен контакта, поэтому по изменению данного параметра можно определить наступление разрушения покрытия, а также степень этого разрушения на более ранних стадиях, что позволяет своевременно отследить опасность зарождения дефекта.

Из проведенных исследований становится очевидным, что для приработки сопряжений по кавитационно-усталостному механизму в условиях жидкостной смазки, характерно непрерывное незначительное увеличение скорости счета АЭ, с незначительными колебаниями относительно своего среднего значения. Резкий скачок на 20 % и более скорости счета АЭ в какой-то момент времени и увеличение дисперсии данного параметра в какой-то момент времени свидетельствует о появлении разрушения смазочного слоя на поверхностях трения, при котором процесс приработки продолжается по адгезионному механизму при несовершенной смазке. Приработке же по абразивному механизму с элементами схватывания, характерной для сухого трения, свойственен сигнал взрывного типа, выраженный большими средними значениями самой скорости счета АЭ и значительным увеличением амплитуды ее дискретных импульсов.

Выявить степень разрушения можно по формуле (1) [3], предварительно определив среднее значение скорости счета АЭ в процессе нормальной приработки с неразрушенным смазочным слоем. Далее определяется среднее значение скорости счета АЭ без смазочного покрытия. О степени разрушения смазочного слоя на поверхности контакта поверхностей можно судить по величине ψ:

$$\psi = \frac{N_р - N_п}{N_б - N_п}, \qquad (1)$$

где $N_р$ — значение скорости счета АЭ в процессе разрушения смазочного покрытия; $N_п$ — значение скорости счета АЭ в процессе нормальной приработки; $N_б$ — значение скорости счета АЭ в процессе приработки узла без смазочного покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Карасик, И. И.** Прирабатываемость материалов для подшипников скольжения [Текст] / И. И. Карасик. — М.: Наука, 1978. — 136 с.
2. **Заренбин, В. Г.** Исследование режимов приработки автомобильных двигателей при капитальном ремонте [Текст] / В. Г. Заренбин, А. Х. Касумов. — М.: Транспорт, 1983. — 78 с.
3. **Свириденок, А. И.** Акустические и электрические методы в триботехнике [Текст] / А. И. Свириденок. — Минск: Наука и техника, 1987. — 280 с.
4. **Баранов, В. М.** Акустическая эмиссия при трении [Текст] / В. М. Баранов. — М.: Энергоатомиздат, 1998. — 215 с.

gz412.fm Page 11 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

УДК.621.355

В. С. Антипенко, канд. техн. наук, проф., МГТУ "МАМИ", г. Москва;
С. А. Лебедев, канд. техн. наук, доц., Филиал ВУНЦ СВ "ОА СВ РФ", г. Рязань;
Д. И. Исаев, инж., НИИЦ ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ, г. Бронницы
E-mail: antipenkovs@mail.ru

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ ЭЛЕКТРОСТАРТЕРНОГО ПУСКА С КОМБИНИРОВАННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ТОКА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Показана эффективность использования модульных пусковых систем двигателей внутреннего сгорания (ДВС) аккумуляторными батареями пониженной электроемкости.

Ключевые слова: *система пуска, аккумуляторная батарея, модульный принцип, комбинированный источник тока.*

Собранные и полученные материалы по применению накопителей энергии (НЭ) в системах электростартерного пуска (СЭП) двигателей военной автомобильной техники (ВАТ) показали, что НЭ позволяют не только обеспечить пуск двигателей, но и в определенных условиях получить по сравнению с существующими СЭП ряд преимуществ, в частности, снизить емкость аккумуляторных батарей (АБ), их размеры, массу и стоимость. СЭП с накопителями энергии могут обеспечить пуск ДВС при значительной степени разряженности АБ,что повышает эксплуатационную надежность образца военной техники, особенно в условиях низких температур. При отсутствии стартерного режима разряда аккумуляторных батарей СЭП с накопителем энергии может обеспечить пуск двигателя от батареи сравнительно небольшой емкости. В этом случае появляется возможность применения модульных АБ (создание модульных комбинированных источников тока) или использования щелочных необслуживаемых никель-кадмиевых аккумуляторных батарей, имеющих сравнительно большой срок службы (1 000—3 000 циклов разряда—заряда) и работоспособных без разогрева при температуре до –50 °С.

В зависимости от назначения двигатели объектов ВАТ можно объединить в три группы по степени использования комбинированных источников тока. К первой группе относятся стационарные двигатели, в СЭП которых возможно полное исключение АБ. Вторая группа включает двигатели с ограниченным количеством потребляемой электрической энергии, что позволяет уменьшить номинальную емкость АБ. К третьей группе отнесены двигатели, на которых емкость АБ подобрана не из условия обеспечения пуска двигателя, а из условия сохранения заданного баланса электроэнергии, что требует дополнительной проверки энергобаланса.

Процесс пуска двигателя с использованием накопителя энергии носит импульсный характер с продолжительностью прокрутки 1—3 с, что недостаточно для выполнения требований ОСТ 37.001.052. Иначе говоря, надежный пуск двигателя гарантируется за большее время, чем время работы СЭП с накопителем энергии. Но здесь следует заметить, что при использовании накопителей энергии проворачивание коленчатого вала двигателя происходит в начальный момент более интенсивно, т. е. с большей частотой, чем при проворачивании от АБ. В результате двигатели, как правило, пускались за более короткое время, чем указано в стандарте. Поэтому требуются спе-

gz412.fm Page 12 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

циальные исследования пусковых качеств ДВС при использовании накопителей энергии в СЭП с целью уточнения стандарта.

Опыт эксплуатации и проведенные испытания объектов ВАТ в различных климатических условиях и поддержание их в готовности к применению позволили определить ряд требований к системам электростартерного пуска двигателей с комбинированными источниками тока:

1) достаточная мощность и благоприятное протекание характеристик систем электростартерного пуска, обеспечивающих надежный пуск двигателя до установленных предельных температур;

2) сохранение аккумулирующих свойств и надежности систем пуска в широком диапазоне рабочих температур (от –50 °С до +50 °С);

3) автономность работы военной техники, т. е. отсутствие необходимости в восстановлении аккумулирующих свойств систем электростартерного пуска при помощи не находящихся на ней устройств;

4) автоматический пуск двигателя, т. е. пуск двигателя должен осуществляться дистанционно с рабочего места водителя; после пуска должно быть предусмотрено автоматическое отключение стартера и автоматическое отключение накопителя энергии от бортовой сети; в системе автоматически должна быть предусмотрена защита от включения стартера при работающем двигателе; должна быть предусмотрена сигнализация о степени заряженности накопителей энергии;

5) простота и надежность конструкции, обеспечивающие минимальные затраты времени на обслуживание в эксплуатации;

6) ресурс системы пуска должен быть не менее ресурса соответствующих образцов военной техники;

7) незначительная металлоемкость и габариты системы электростартерного пуска, а также исключение из конструкции дефицитных материалов;

8) согласованность динамических свойств системы электростартерного пуска с конструктивными особенностями двигателя и условиями работы его систем при пуске;

9) изготовление элементов системы электростартерного пуска и источников тока из отечественных материалов.

Испытания объектов ВАТ позволили определить ряд рекомендаций по использованию комбинированных источников тока в системах электростартерного пуска:

1) в качестве вспомогательного источника электрической энергии в модульных комбинированных источниках тока необходимо использовать емкостные молекулярные накопители энергии (конденсаторы с двойным электрическим слоем), использующие наибольшую удельную мощность;

2) номинальное напряжение накопителей энергии должно быть равно номинальному напряжению СЭП. Это позволит использовать накопители энергии не только на серийно выпускаемых и проектируемых двигателях, но и на уже находящихся в эксплуатации;

3) для снижения потерь энергии в стартерных проводах накопитель энергии следует размещать как можно ближе к стартеру. Это вполне возможно, поскольку накопители энергии вибростойки, взрыво-пожаробезопасны, нетоксичны, не нуждаются в техническом обслуживании в течение всего срока службы и не предъявляют специальных требований по их установке;

4) для более эффективной работы системы электростартерного пуска накопители энергии и аккумуляторные батареи в момент пуска двигателя должны быть включены параллельно. Частота проворачивания коленчатого вала двигателя и продолжительность пуска при такой схеме включения источников тока выше, чем при раздельном их использовании;

5) при использовании накопителей энергии первого поколения (с ограниченным временем нахождения под напряжением) они должны подключаться к аккумуляторным батареям непосредственно перед пуском двигателя. Для этого в минусовой ветви накопителя энергии должен быть предусмотрен контактор, позволяющий автоматически отключать накопитель после пуска двигателя;

6) при применении накопителей энергии второго поколения (с неограниченным временем нахождения под напряжением) установившийся ток утечки в цепи накопителя и аккумуляторной батареи не должен превышать тока саморазряда батареи.

gz412.fm Page 13 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

УДК 656.113.05

И. М. Рябов, д-р техн. наук, **К. В. Чернышов,** канд. техн. наук, ВолгГТУ,
Т. Б. Залимханов, зав. кафедрой, **М. Ш. Абдуллаев,** доц., Махачкалинский филиал МАДИ
E-mail: zjabov1603@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОБУСОВ ОСОБО МАЛОЙ ВМЕСТИМОСТИ В СИСТЕМЕ ВОДИТЕЛЬ—АВТОМОБИЛЬ—ДОРОГА—СРЕДА—ПАССАЖИРЫ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА

Приведена методика расчета потенциально опасных размещений пассажиров в салоне микроавтобуса, ухудшающих его поперечную устойчивость, и дано описание предложенного информационного устройства водителя.

Ключевые слова: *поперечная устойчивость, размещение пассажиров в салоне, информационное устройство.*

Правительство РФ поставило задачу в период с 2005 по 2015 г. повысить подвижность населения более чем на 40 %. В решении этой задачи большое значение имеют перевозки пассажиров автобусами малой и особо малой вместимости (микроавтобусами). Они относятся к перспективным конкурентоспособным системам обслуживания пассажиров. Это связано с тем, что маршрутные таксомоторные перевозки обеспечивают сочетание быстроты доставки, свойственной такси, с низкой стоимостью поездки, свойственной автобусам. Однако быстрый рост перевозок пассажиров микроавтобусами вызвал целый ряд проблем, и главная проблема — это снижение безопасности перевозок.

Показатель числа погибших в ДТП на 1000 автомобилей в нашей стране в 4 раза превышает аналогичный показатель в развитых странах. Страна несет большие потери от ДТП, измеряемые сотнями миллиардов рублей. При этом в пассажирских перевозках автобусами наибольшее число ДТП и пострадавших в них людей по данным статистики приходится на микроавтобусы. Для успешной борьбы с аварийностью необходимо определить причины, по которым возникают ДТП с микроавтобусами [1].

Статистика свидетельствует, что до 8 % всех ДТП с микроавтобусами семейства "ГАЗель" составляют такие серьезные аварии, как опрокидывание. Это связано с тем, что поперечная устойчивость микроавтобусов при левых и правых поворотах не постоянна, поскольку значительно зависит от размещения пассажиров в салоне и их возможного перемещения вследствие инерции при движении по криволинейной траектории. Водитель, как правило, не может оценить характер размещения пассажиров в салоне и степень снижения поперечной устойчивости микроавтобуса.

Опрокидыванию также способствует плохое техническое состояние подвески микроавтобусов, в частности различная жесткость рессор и давление в шинах правого и левого бортов, прокол шин наружных сдвоенных колес заднего моста, неисправные амортизаторы, которые могут стать причиной значительного поперечного раскачивания кузова микроавтобуса при маневрах (объезде препятствий) на больших скоростях.

Анализ микроавтобусов семейства "ГАЗель" показал, что они имеют достаточную надежность и хорошие тягово-скоростные свойства, позволяющие им вписываться в интенсивные транспортные потоки современных городов. Однако подвеска микроавтобусов семейства "ГАЗель" прак-

gz412.fm Page 14 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

тически не изменилась по сравнению с грузовым аналогом. Эта подвеска на полуэллиптических листовых рессорах является нерегулируемой, что определяет такое положение центра крена кузова, при котором на поворотах центр масс микроавтобуса смещается в сторону опрокидывания. Задняя ось имеет сдвоенные колеса, что делает мало заметным прокол одного из сдвоенных колес, а прокол любого из колес, особенно наружного, снижает поперечную устойчивость микроавтобуса. Стабилизаторы поперечной устойчивости устанавливаются только на заказ и, как правило, из экономии отсутствуют, что ухудшает поперечную устойчивость.

Поскольку на поперечную устойчивость микроавтобуса влияет размещение пассажиров в салоне, то безопасность микроавтобусов, в отличие от обычных автомобилей, следует рассматривать в расширенной системе: водитель — автомобиль — дорога — среда — пассажиры (ВАДСП). Эта система состоит как из отдельных элементов, так и различных подсистем: водитель — автомобиль, автомобиль — дорога, водитель — дорога, автомобиль — пассажиры и т. д. Некоторые специфические особенности функционирования отдельных элементов и подсистем системы ВАДСП для микроавтобусов недостаточно изучены. В частности, не исследовано влияние на активную безопасность микроавтобусов (по опрокидыванию) таких факторов, как планировка салона, размещение и возможное перемещение пассажиров внутри салона при криволинейном движении вследствие инерции, так как держаться пассажирам в салоне, как правило, не за что.

Активная безопасность — это свойство микроавтобуса предотвращать дорожно-транспортное происшествие (снижать вероятность его возникновения). Активная безопасность зависит от эксплуатационных свойств микроавтобуса: тормозных свойств, поперечной устойчивости, курсовой устойчивости и управляемости, тягово-скоростных свойств, плавности хода, информативности, надежности агрегатов и узлов. Она проявляется в период, соответствующий начальной фазе ДТП, когда еще можно изменить характер движения автомобиля. Для оценки активной безопасности могут применяться показатели эксплуатационных свойств. Одним из наиболее быстрых и эффективных путей повышения активной безопасности автобусов особо малой вместимости является улучшение информационного обеспечения водителя в системе ВАДСП. Задача состоит в том, чтобы передать водителю информацию о повышении вероятности по опрокидыванию микроавтобуса с учетом указанных факторов.

Наибольший поперечный крен микроавтобуса будет в том случае, если его салон будет наполнен, примерно, наполовину, а пассажиры разместятся по одному борту (правому или левому). Вероятность такого наполнения салона весьма большая, о чем свидетельствуют результаты наблюдений, проведенных в г. Волгограде за движением микроавтобусов на двух остановочных пунктах (рис. 1). Такое же наполнение характерно и для других остановочных пунктов в часы спада пассажиропотока, а также некоторых участков маршрутов в часы пик.

Из рис. 1 видно, что за час через остановочные пункты "Дом науки и техники" и "Каспийская" проходит, соответственно, 120 и 86 микроавтобусов, а среднее наполнение их салонов составляет 8 и 7 пассажиров, т. е. около половины от вместимости салона. При таком наполнении микроавтобусов наибольший поперечный крен кузова будет иметь место, если большинство пассажиров разместится по одному борту, особенно по левому борту, так как водитель всегда сидит слева по движению микроавтобуса. В последнем случае наиболее опасным является поворот направо. Поворот налево с расположением пассажиров по правому борту также опасен, особенно при нали-

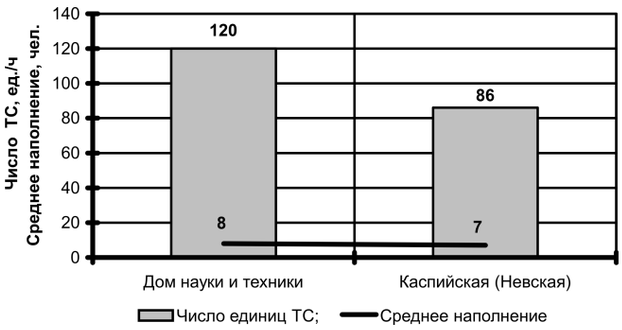


Рис. 1. Число маршрутных такси, проезжающих за час (в часы пик) через остановки "Дом науки и техники" и "Каспийская" и среднее наполнение их салонов пассажирами

gz412.fm Page 15 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

чии поперечного уклона дороги, который составляет, как правило, около 30 ‰.

При эксплуатации микроавтобуса периодически и случайным образом изменяется степень наполнения салона и размещение пассажиров в нем. На характер размещения пассажиров в салоне влияет большое число различных факторов: планировка салона, определяющая длину и ширину проходов, и удобство посадки на различные сиденья; вид из окна справа и слева по движению; желание пассажиров сидеть одной компанией и др. Иногда такое размещение не случайно, например, пассажиры скрываются от палящего солнца на теневой стороне или от ветра из открытого окна.

Таблица

Распределение числа вариантов возможных размещений пассажиров в салоне 13-местного микроавтобуса в зависимости от числа пассажиров в нем

Число пассажиров	Число вариантов размещения	В процентах
0	$C_{13}^{0} = \frac{13!}{13! \cdot 0!} = 1$	0,012207
1	$C_{13}^{1} = \frac{13!}{12! \cdot 1!} = 13$	0,158691
2	$C_{13}^{2} = \frac{13!}{11! \cdot 2!} = 78$	0,952148
3	$C_{13}^{3} = \frac{13!}{10! \cdot 3!} = 286$	3,491211
4	$C_{13}^{4} = \frac{13!}{9! \cdot 4!} = 715$	8,728027
5	$C_{13}^{5} = \frac{13!}{8! \cdot 5!} = 1287$	15,710449
6	$C_{13}^{6} = \frac{13!}{7! \cdot 6!} = 1716$	20,947266
7	$C_{13}^{7} = \frac{13!}{6! \cdot 7!} = 1716$	20,947266
8	$C_{13}^{8} = \frac{13!}{5! \cdot 8!} = 1287$	15,710449
9	$C_{13}^{9} = \frac{13!}{4! \cdot 9!} = 715$	8,728027
10	$C_{13}^{10} = \frac{13!}{3! \cdot 10!} = 286$	3,491211
11	$C_{13}^{11} = \frac{13!}{2! \cdot 11!} = 78$	0,952148
12	$C_{13}^{12} = \frac{13!}{1! \cdot 12!} = 13$	0,158691
13	$C_{13}^{13} = \frac{13!}{0! \cdot 13!} = 1$	0,012207
ИТОГО	$D_2^{13} = 2^{13} = 8192$	100

Распределение числа вариантов возможных размещений пассажиров в салоне 13-местного микроавтобуса в зависимости от числа пассажиров в нем приведено в таблице. Как видно из таблицы, общее число возможных различных вариантов размещения пассажиров в салоне микроавтобуса, содержащем тринадцать мест, очень велико и составляет 8192 варианта. При этом наибольшее число размещений (более 70 %) соответствует среднему наполнению микроавтобуса (6—9 пассажиров).

Из всех возможных размещений можно выделить совокупность таких потенциально опасных размещений, которые смещают центр масс микроавтобуса на величину, большую заданного предела. Для выявления совокупности таких размещений пассажиров в салоне микроавтобуса была разработана специальная методика, суть которой сводится к следующему. Для заданной планировки салона определяются геометрические параметры центров масс водителя, пассажиров и самого микроавтобуса (рис. 2). Затем реализуется программа перебора вариантов размещения пассажиров в салоне, и выполняется расчет для каждого варианта координат центра масс (ЦМ) водителя, пассажиров и микроавтобуса по формулам:

— для координат центра масс пассажиров

$$X_{\text{п}} = \sum_{i=1}^{k} p_i x_i / \sum_{i=1}^{k} p_i,\ Y_{\text{п}} = \sum_{i=1}^{k} p_i y_i / \sum_{i=1}^{k} p_i;$$

— для координат центра масс автомобиля с пассажирами

$$X = \sum_{i=1}^{k} p_i X_{\text{п}} / \left(\sum_{i=1}^{k} p_i + mg \right),$$

$$Y = \sum_{i=1}^{k} p_i X_{\text{п}} / \left(\sum_{i=1}^{k} p_i + mg \right).$$

При этом координаты центра масс автомобиля в снаряженном состоянии

$$X_{\text{а}} = 0,\ Y_{\text{а}} = 0.$$

gz412.fm Page 16 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

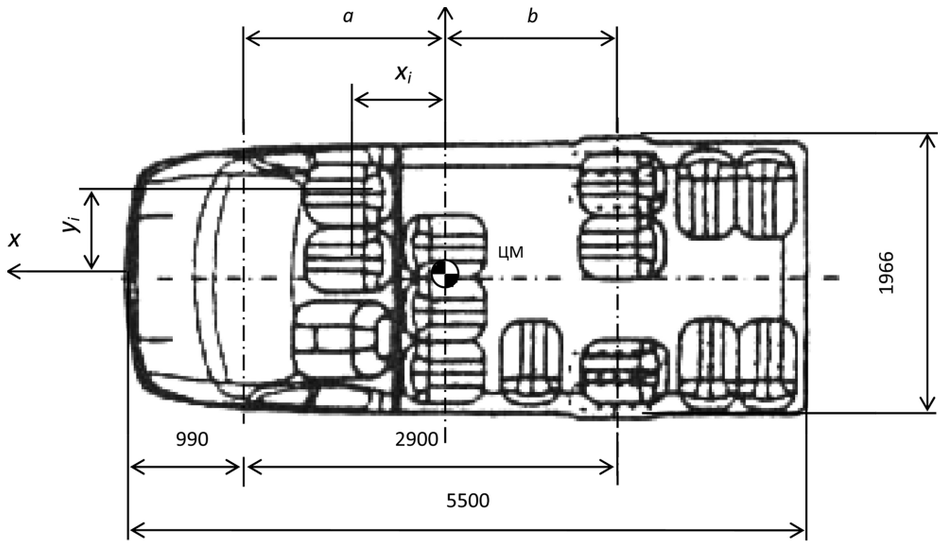


Рис. 2. Расчетная схема для определения геометрических параметров центра масс микроавтобуса

На следующем этапе определяются потенциально опасные размещения пассажиров путем задания ограничений на смещение центра масс автомобиля в поперечном направлении. Ограничения на допустимое смещение центра масс автомобиля в поперечном направлении можно задавать, руководствуясь допустимыми значениями коэффициента поперечной устойчивости. В результате расчетов получают совокупность потенциально опасных размещений, их схемы и необходимые параметры. Один из потенциально опасных вариантов размещения пассажиров, рассчитанный для часто встречающейся планировки салона микроавтобуса "ГАЗель", приведен на рис. 3. Он дает поперечное смещение центра масс от продольной плоскости симметрии микроавтобуса на 94,7 мм.

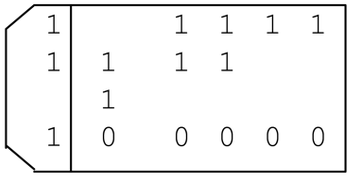


Рис. 3. Схема и параметры потенциально опасного размещения пассажиров в салоне микроавтобуса, имеющего пятнадцать пассажирских мест:

$R_{пер}$ = 116,4138 кН, $R_{задн}$ = 187,5862 кН, X_c = −189,474 мм, Y_c = = 94,737 мм, $R_{пр}$ = 168,0000 кН, $R_{лев}$ = 136,0000 кН

Предложенная методика и разработанная программа расчета позволяют оперативно определить совокупность вариантов потенциально опасных размещений пассажиров для любой планировки салона. Она обеспечивает также оценить влияние допустимого поперечного смещения центра масс микроавтобуса на число вариантов в совокупности. Разработанная программа расчета позволяет, кроме того, определять вертикальные реакции переднего и заднего мостов $R_{пер}$ и $R_{зад}$, правого и левого бортов $R_{пр}$ и $R_{лев}$. Масса пассажира была принята постоянной и равной 80 кг.

При ограничении на поперечное смещение ЦМ Y_c = 85 мм получена совокупность из 23 вариантов потенциально опасных размещений пассажиров в салоне для планировки микроавтобуса, имеющего пятнадцать пассажирских мест (см. рис. 3). Установлено, что даже небольшое уменьшение ограничения на смещение ЦМ (например, с 85 до 75 мм) приводит к значительному увеличению (в 6 раз) числа вариантов потенциально опасных размещений пассажиров.

Расчет коэффициента поперечной устойчивости по разработанной методике показал, что для порожнего микроавтобуса $\eta_{пу}$ = 0,96, т. е. близок к 1, что соответствует рекомендациям по устойчивости против опрокидывания. Однако при полном наполнении салона пассажирами, а также

gz412.fm Page 17 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

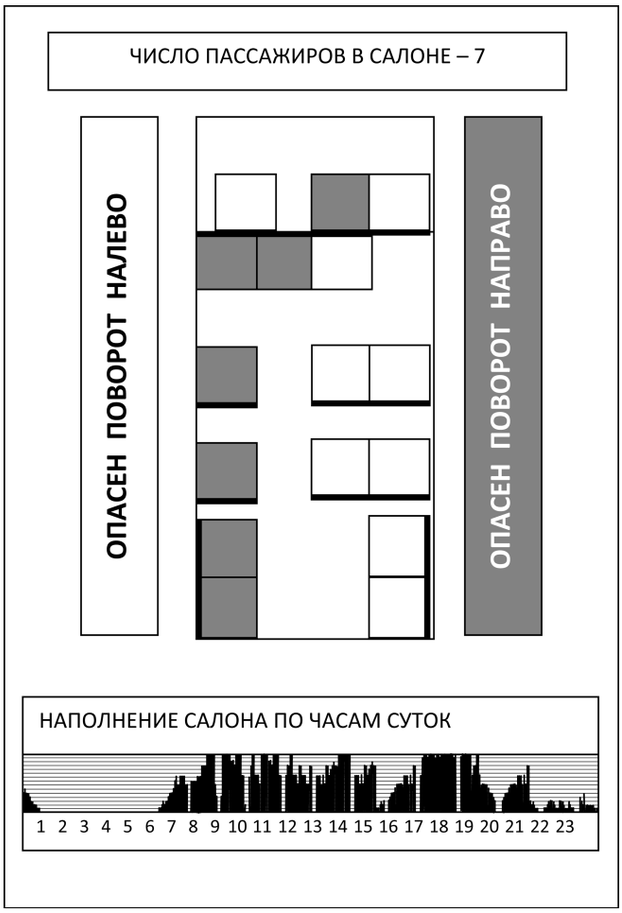


Рис. 4. Внешний вид панели информационного устройства водителя

при частичном наполнении и опасном размещении пассажиров (Y_c > 85 мм) $\eta_{пу}$ уменьшается соответственно до 0,86 и 0,76, т. е. ниже коэффициента сцепления шин с дорогой на сухом асфальте ($\varphi_{сц}$ равно 0,8—0,9). В этом случае микроавтобус при крутых поворотах будет не скользить, а опрокидываться. Снижение давления воздуха в шинах также уменьшает $\eta_{пу}$, особенно прокол заднего наружного колеса, при котором он резко снижается на 14,5 % (до 0,67) и более, при размещениях пассажиров максимально смещающих ЦМ к задней оси.

Повышения активной безопасности по опрокидыванию микроавтобуса можно добиться путем оперативного информирования водителя о наличии в салоне потенциально опасного размещения с помощью датчиков, находящихся под каждым сидением и связанных с информационным устройством, расположенным в месте, легко обозреваемом водителем. При этом водитель может принять меры предосторожности: снизить скорость особенно перед поворотами, представляющими потенциальную опасность, и даже попросить пассажиров пересесть, если предстоит длительная поездка.

Информационное устройство должно содержать микропроцессорный блок управления, состоящий из арифметико-логического устройства управления, запоминающего устройства, внешних датчиков и устройства отображения опасных ситуаций в процессе вождения и размещения пассажиров в салоне на панели информационного устройства водителя.

В центре предлагаемого информационного устройства водителя (рис. 4) находится табло, отоб-

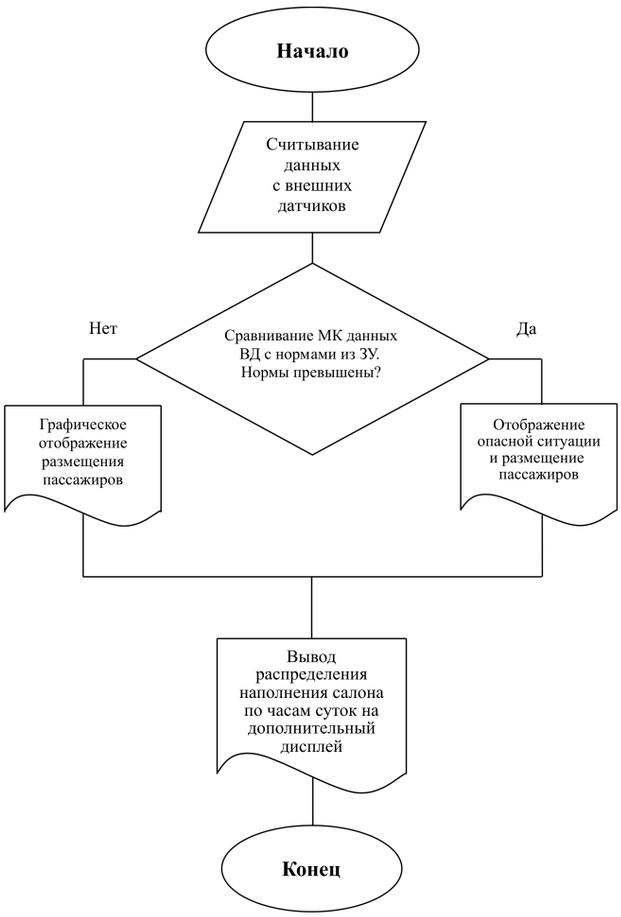


Рис. 5. Алгоритм работы информационного устройства водителя

gz412.fm Page 18 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

ражающее планировку салона в виде квадратов, соответствующих посадочным местам. Каждый квадрат имеет светодиоды разного цвета. Свечение белого цвета означает, что место свободно, а свечение зеленого цвета — место занято. Слева и справа от табло расположены индикаторы опасности соответствующего поворота, которые при наличии потенциальной опасности (возникновении размещения пассажиров, совпадающего с размещением из совокупности потенциально опасных размещений) светятся красным цветом. Если потенциальная опасность максимальна, то индикатор работает в мигающем режиме. Алгоритм работы информационного устройства водителя приведен на рис. 5.

Микроконтроллер (МК) сравнивает размещение пассажиров в салоне, которое возникло после остановки микроавтобуса с вариантами потенциально опасных размещений из рассчитанной совокупности, находящимися в памяти запоминающего устройства (ЗУ). При положительном результате сравнения на панели прибора высвечивается информация об опасности поворота налево или направо. Водитель также имеет необходимую информацию о наличии свободных мест в салоне.

С прибора можно также снимать информацию о распределении наполнения салона микроавтобуса по часам суток, необходимую для совершенствования организации перевозок пассажиров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ройтман, Б. А.** Безопасность автомобиля в эксплуатации [Текст] / Б. А. Ройтман, Ю. Б. Суворов, В. И. Суковицын. — М.: Транспорт, 1987. — 207 с.
2. **Литвинов, А. С.** Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство" [Текст] / А. С. Литвинов, Я. Н. Фаробин. М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.
3. **Гудков, В. А.** Теоретическое исследование поперечной устойчивости автобуса особо малого класса семейства "Газель" [Текст] / В. А. Гудков, И. М. Рябов, К. В. Чернышов, М. Ш. Абдуллаев // Изв. ВолгГТУ. Серия "Наземные транспортные системы": межвуз. сб. науч. ст. — Волгоград, ВолгГТУ, 2007. — Вып. 2 № 8. — С. 98—101.

Томский ученый разработал наноалмазную присадку для автомобилей

Профессор Института физики высоких технологий Томского политехнического университета Александр Ильин разработал наноалмазную присадку для автомобилей, которая позволит снизить расход топлива и уменьшить токсичность выхлопных газов, сообщает пресс-служба вуза.

Это вещество добавляется к топливу или смазочным материалам и позволяет устранять микродефекты трущихся поверхностей, а также способствует восстановлению деталей шатунно-поршневой группы. Как показали испытания опытно-промышленных образцов присадки "СТАРТ", она позволяет на 2—3 % снизить расход топлива (для автомашин с пробегом выше 40 тыс. км), повышает компрессию в двигателе и существенно уменьшает токсичность и количество дыма от выхлопных газов.

Первое коммерческое предложение о создании линии производства продукта профессор ТПУ получил от предпринимателя Виктора Золоторева. По словам бизнесмена, первоначальное финансирование этого проекта готовы взять на себя несколько фирм г. Екатеринбурга. Кроме компаний-субъектов рынка машиностроения, разработкой ТПУ заинтересовалась и вузовская наука — малое инновационное предприятие, созданное при Уральском федеральном университете им. первого Президента РФ Б. Н. Ельцина.

Специально под заявленный проект коллектив авторов разработки и инвесторы планируют создать малое инновационное предприятие. Само производство должно быть развернуто на площадях технопарка Приборного завода (г. Томск). В проекте также участвуют магистранты, бакалавры и аспиранты ТПУ.

gz412.fm Page 19 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

УДК 621.771.(075.8)

Л. Д. Оленин, д-р техн. наук, проф.,
МГТУ "МАМИ"
E-mail: Olenin0003@mail.ru

БЕЗОТХОДНОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТОЧНЫХ ЗАГОТОВОК ПОД ХОЛОДНОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ АВТОСТРОЕНИЯ

Изложена концепция безотходной технологии производства точных заготовок, в том числе под холодное выдавливание, основа которой — безотходное разделение проката хрупким сколом в сочетании с однопереходной осадкой или высадкой головок увеличенного объема, приведены сведения о разработках и достижениях в этой области. На основе опыта освоения холодного выдавливания изделий автостроения сформулированы минимально необходимые требования к заготовкам для последующего холодного выдавливания изделий сложной формы с глубокими полостями.

Ключевые слова: *холодная объемная штамповка, безотходная технология, точная заготовка, мерный отрезок, безотходная резка, осадка и высадка, калибровка, холодное выдавливание, штамповая полость, деформация, упрочнение материала, деформирующий инструмент, деформируемый материал, глубокая полость, прошивка, прошивной пуансон, упрочнение, формообразование, стойкость инструмента, высокоточные детали.*

Термин заготовка не является строгим. Условимся под заготовкой понимать отделенный от листа, прутка или полосы кусок металла, которому придана правильная форма, подвергнутый отжигу с нанесенным, если необходимо, смазочным покрытием, полностью подготовленный к последующей обработке.

При выборе технологии изготовления ответственных стальных деталей в условиях крупносерийного и массового производства, характерных для предприятий автопрома, предпочтение отдается холодной объемной штамповке. В ней органично сочетаются практическое отсутствие отходов и исключительно высокая производительность, свойственная штамповке с высокой точностью и прочностью изделий. По эффективности энергозатрат с этим методом обработки может сравниться только порошковая металлургия, при том, что последняя не всегда в состоянии обеспечить достаточную прочность изделий.

Технологический процесс холодной объемной штамповки стальных изделий, как правило, организуется по двум вариантам: штамповка на многопозиционных холодно-высадочных автоматах из бунта и холодное выдавливание из предварительно подготовленной заготовки.

В первом случае весь процесс штамповки реализуется на одном рабочем месте, что делает его привлекательным для большинства производителей. Но из-за отсутствия смазочного покрытия на свежесрезанных торцах отделенной от прутка или проволоки заготовки из бунта успешно штампуют разнообразные ступенчатые детали с развитой боковой поверхностью, как правило, не имеющих глубоких полостей, главным образом, метизы. Изделия сложной формы (рис. 1), особенно тонкостенные, с глубокими полостями, выдавливают с использованием штучных заготовок, предварительно отожженных с нанесенным фосфатным или другим смазочным покрытием.

На рис. 1 показаны корпуса наконечника гибкого шланга тормозной системы автомобиля, фосфатированная заготовка (на переднем плане), а также разрез полученного холодным выдавливанием из нее готового изделия. Все элементы, включая сложные ступенчатые полости и шестигранник под ключ, выполнены по безотходной технологии. В отход удаляется только донная перемычка (выдра) толщиной 0,6 мм и диаметром

gz412.fm Page 20 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

Рис. 1. Наконечники гибкого шланга тормозной системы автомобиля, полученные холодным выдавливанием из штучной заготовки

2 мм. Обычная для таких изделий обсечка шестигранника не используется.

Требования к заготовкам. К заготовкам под холодное выдавливание предъявляются высокие, не всегда достаточно обоснованные, противоречивые, но вместе с тем трудновыполнимые требования. Необоснованно завышенные требования к геометрии и точности делают процесс получения таких заготовок едва ли не самым сложным и затратным этапом всего технологического процесса холодного выдавливания. По этой причине ни один из известных способов обработки не пригоден для промышленного производства заготовок, полностью отвечающих этим требованиям.

Так, считается, что заготовка под холодное выдавливание должна иметь форму правильного цилиндра с плоскими параллельными торцами, перпендикулярными оси, и острыми кромками по периметрам обоих торцов. Для этого при калибровке заготовки необходимо добиваться заполнения углов штамповой полости. Однако исследования показывают, что на заключительной стадии калибровки в закрытой штамповой полости давление растет по экспоненте, гипотетически достигая в пределе бесконечной величины. Аварийного разрушения инструмента при этом не происходит только потому, что обычно используемый для этого механический пресс, как правило, имеет ограниченную жесткость, и потому реально величина технологической силы также ограничена. Между тем, анализ и практика показывают, что заполнения углов не требуется. Можно перечислить и другие необоснованные, но практически не выполнимые требования.

В настоящей работе на основе обобщения производственного опыта сформулированы необходимые требования к заготовкам для холодного выдавливания изделий сложной формы, в том числе с глубокими полостями, излагаются результаты прикладных исследований и опыт реализации безотходного производства таких заготовок.

Для успешного осуществления холодного выдавливания полых изделий следует выполнить следующие условия.

1. Для исключения ненужных и опасных изгибающих напряжений в теле прошивного пуансона необходимо обеспечить строго соосное взаимное расположение прошивного пуансона и оси симметрии заготовки. Для этого при калибровке цилиндрической заготовки достаточно, чтобы на боковой поверхности заготовки отпечатался цилиндрический поясок шириной не менее половины ее высоты, а диаметр пояска должен быть равен или несколько больше диаметра, вписанного в приемник полости штампа первого перехода. Для надежного базирования в полости штампа заготовка должна входить в нее с минимальным зазором и даже, если это допускается условиями загрузки, с небольшим натягом.

2. Заготовка должна быть строго осесимметричной по своему объему, т. е. свободной от динамического дисбаланса по массе (объему) относительно оси. При этом торцы ее могут быть плоскими, выпуклыми или вогнутыми, но они должны быть круговыми поверхностями вращения, а форма их образующих должна быть такой, чтобы процесс выдавливания начинался с контакта центральной части пунсона и центра торца заготовки. Кроме того, пуансон первого формоизменяющего перехода не должен иметь торца в форме конуса с вершиной, средняя часть торца должна быть плоской или слегка выпуклой. В свою очередь прошивной пуансон должен иметь минимальный вылет консоли. В идеале он должен базироваться по двум поверхностям: у опорного

gz412.fm Page 21 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

конца и по цилиндру в непосредственной близости от рабочего пояска. При таком способе базирования центр рабочего прошивного торца пуансона также не рекомендуется выполнять острым.

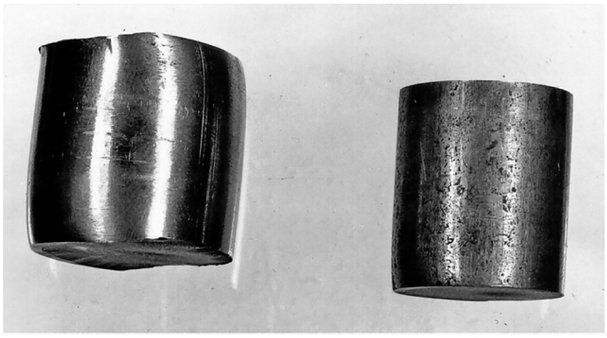
Безотходное разделение проката на мерные отрезки. Для безотходного производства точных заготовок, в том числе под последующее выдавливание разработана высокоэффективная технология, которая включает безотходное разделение проката хрупким сколом на относительно длинные отрезки и их последующую однопереходную формовку.

Создан новый способ безотходного разделения проката на мерные отрезки с высоким качеством торцов, основанный на создании в зоне разделения благоприятной схемы напряженно-деформированного состояния.

Новый способ обеспечивает безотходное разделение проката на отрезки высокой точности с недеформированными торцами, перпендикулярными оси отрезка. Высокие качество торцов и точность отрезков достигаются за счет создания в зоне разделения благоприятной схемы напряжений.

Для резки сортового проката созданы и используются оригинальные штампы, работающие с автоподачами и автоматическими стеллажами на быстроходных прессах в режиме автоматических ходов. Производительность до 130 мин$^{-1}$.

О качестве резки и возможностях способа дают представление рис. 1 и 2.



а) *б*)

Рис. 2. Отрезки, отделенные от прутка по безотходной технологии:

а — на специальном прессе фирмы "Komatsu", Япония; *б* — в специальном штампе по новой технологии хрупкого скола

Все показанные на рис. 3 отрезки отделены от прутка в специальном штампе по технологии хрупкого скола.

Решена проблема гарантированного и безопасного удаления заготовок из штампа, работающего в режиме автоматических ходов с быстроходным прессом. Стойкость режущих элементов штампа в несколько раз выше, чем при разделении традиционным способом.

Все приведенные на рис. 3 отрезки имеют достаточно плоские практически перпендикулярные торцы и потому свободно стоят на них.

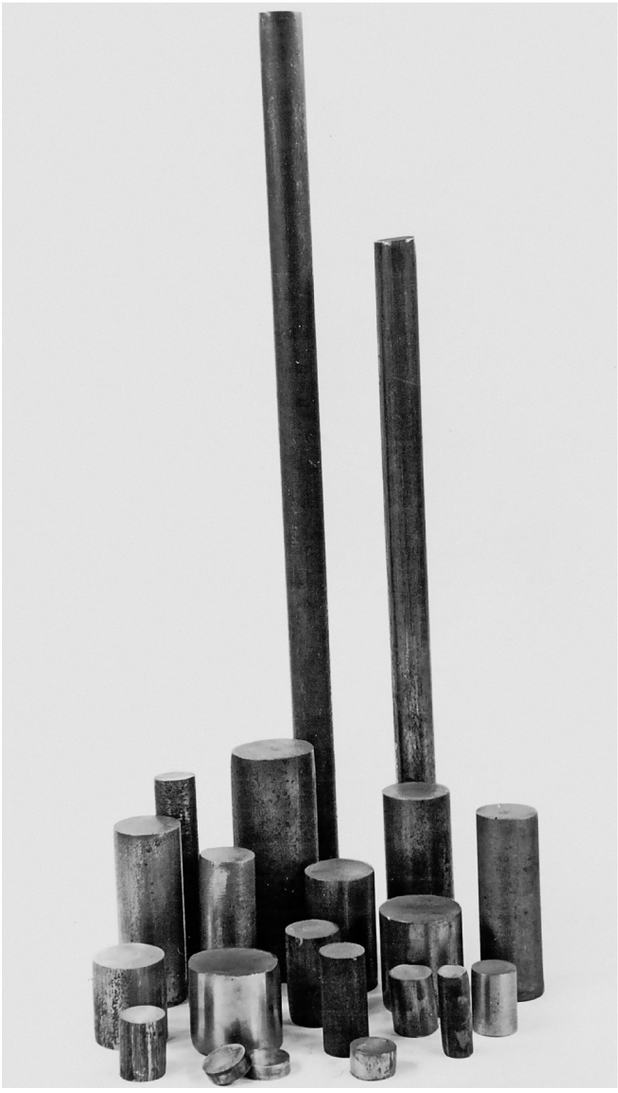


Рис. 3. Отрезки разной длины, отделенные от прутков в штампе по безотходной технологии

gz412.fm Page 22 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

Рис. 4. Примеры отрезков, отделенных от прутков в специальных штампах

Новый способ обеспечивает разделение на высокоточные мерные отрезки с высоким качеством торцов сортового проката практически любого открытого профиля, например, электротехнического, применяемого для изготовления полюсов электрических машин постоянного тока (см. рис. 3).

Заготовки для холодного выдавливания автомобильных деталей. Для формовки заготовок после отрезки разработана специальная технология однопереходных осадки и высадки с калибровкой, а также штампы и инструментальные наладки к холодно-высадочным автоматам, обеспечивающие осадку или высадку отрезков с высотой высаживаемой части до 4 диаметров. Технология обеспечивает формовку цилиндрических заготовок правильной формы с калибровкой по диаметру, а также однопереходную высадку Т-образных заготовок высокой точности для холодного выдавливания (рис. 4).

Технология также успешно используется для формовки заготовок под холодное выдавливание из отрезков, отделенных полуоткрытым ножом холодно-высадочного автомата. В этом случае при разделении деформируется только один конец отрезка, и такой отрезок, если обеспечить отсутствие трещин и складок на торцах отрезков, вполне пригоден для однопереходной формовки заготовок под холодное выдавливание. Последнее достигается специальной заточкой ножей отрезной станции автомата.

Для реализации технологии используются специально разработанные штампы и инструментальные наладки.

О возможностях новой технологии однопереходной формовки заготовок можно судить по рис. 5, на котором показаны отрезок и отформованная из него цилиндрическая заготовка, используемая много лет для выдавливания корпусов свечей.

Эта заготовка штампуется на однопозиционном холодно-высадочном автомате, оснащенном специальной инструментальной наладкой. При этом исходный отрезок отрезается открытым ножом, режущие элементы которого имеют специальную геометрию, исключающую появление трещин и складок на торцах отрезков.

Диаметр проволоки 16 мм, длина отрезка 23,6 мм, диаметр осаженной заготовки 20,5 мм. Один заго-

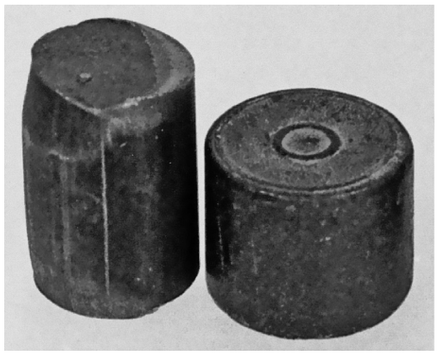
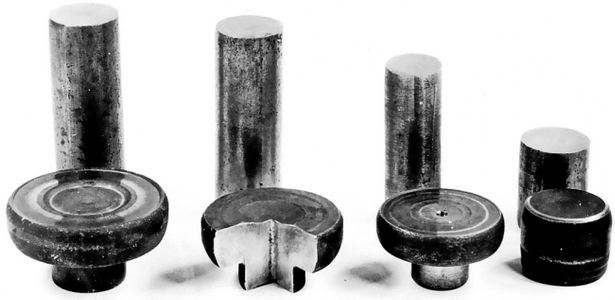


Рис. 5. Отрезок и отформованная из него заготовка корпуса свечи зажигания, подготовленная для выдавливания



1 2 3 4

Рис. 6. Заготовки под холодное выдавливание, изготовленные высадкой и осадкой отрезков, отделенных от прутка безотходной резкой в штампах:

1, 2, 3 — заготовки из легированной стали для выдавливания корпусов стартерной обгонной муфты; 4 — цилиндрическая заготовка стартерной шестерни

gz412.fm Page 23 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

Рис. 7. Отделенные от калиброванных прутков проката отрезки, отформованные из них заготовки и выдавленные полуфабрикаты деталей стартерного привода

товительный автомат обеспечивает заготовками три автомата для выдавливания корпусов сечей.

Формовка заготовок деталей привода автомобильного стартера осуществляется на вертикальных коленно-рычажных чеканочных прессах 4000 KN и 2500 KN, используются специальные штампы (рис. 6).

На приведенном рис. 7 показаны детали приводов (обгонных муфт) автомобильных стартеров: корпуса 3-х типоразмеров и стартерная шестерня, изготовленные холодным выдавливанием по интенсивной технологии с использованием штучной заготовки. Используется только один отжиг после высадки заготовок.

Безотходная технология производства точных заготовок с большим экономическим эффектом реализована и используется на заводах автомобильной промышленности России, Украины и Белоруссии. Технология имеет мировую новизну технических решений.

Грузовик

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

“ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ”
принимает подписку на журнал на 2012 г.

Индексы: 37349 – “Роспечать”, 39799 – “Пресса России”, 25782 – “Почта России”

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, 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

gz412.fm Page 24 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

НАДЕЖНОСТЬ

УДК 629.113.004

В. А. Егоров, канд. техн. наук, доц., **Ю. А. Краснов**, соискатель,
А. Н. Ременцов, д-р пед. наук, проф., зав. каф., МАДИ
E-mail: main@tea.madi.ru

ОЦЕНКА СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКИ ПРИ АНАЛИЗЕ НАДЕЖНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕЗАВЕРШЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ АВТОМОБИЛЯ

Описан метод анализа надежности деталей и узлов автомобиля путем использования информации о сроках эксплуатации деталей с момента установки на автомобиль до момента сбора данных (еще не отказавших). Проведена оценка ошибки предлагаемого метода, проанализировано сезонное влияние на результирующую функцию

Ключевые слова: *статистика, испытания, аккумулятор, ошибка, метод.*

Несколько последних лет авторам этой статьи удалось участвовать в научных исследованиях в области технической эксплуатации автомобилей, результаты и логика выполнения которых существенным образом зависели от событий, течений, происходящих в обществе, определенных психологических установок и пр. Так, при выполнении работы, одной из задач которой было определение параметров надежности в эксплуатации парка аккумуляторных батарей, установленных на автобусах, существенное влияние оказало то, каким образом сохраняется и обрабатывается информация на АТП. Сбор данных проводился в нескольких автобусных и грузовых парках г. Москвы, анализировались как наработки АКБ на отказ в зависимости от различных факторов, так и свойства, состояние батарей, стоящих на борту автомобилей, вариация нагрузки на аккумуляторный участок и т. д. Методы обработки данных, примененные при проведении первого анализа, достаточно интересны и для определенного круга задач (не только в отрасли автомобильного транспорта) использованный методический подход мог бы сослужить хорошую службу. Поэтому в данной статье мы представляем как использованный подход и некоторые результаты, так и оценку ошибок и устойчивости предлагаемого метода.

Любая работа, ставящая перед собой целью исследование окружающего мира, построение каких бы то ни было выводов, создание рекомендаций и т. д., — опирается на статистические данные активных или пассивных экспериментов. В случае активного эксперимента, при воздействии на исследуемый объект с целью определения влияния тех или иных факторов на конечный результат, как правило, экспериментатор дожидается окончания эксперимента, например, отказа того или иного элемента автомобиля.

При исследованиях, ставящих целью определение параметров надежности автомобилей в эксплуатации, как правило, проводится пассивный эксперимент, сбор данных об отказах элементов автомобилей без воздействия на условия эксплуатации, на сам автомобиль. Кроме организационных проблем, неизбежно возникающих (особенно последние годы) при необходимости собрать на автотранспортном предприятии или на станции технического обслуживания реальные данные, характеризующие процесс эксплуатации автомобилей, существенным условием является

gz412.fm Page 25 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

также ограниченное, как правило, время, в течение которого надо принять решение. В тех случаях, когда средняя наработка на отказ элемента достаточно велика, используют так называемые планы наблюдений с ограничением (например, по времени). После окончания такого эксперимента необходимые параметры статистики определяют из полученной выборки по успевшим отказать элементам. Для обработки данных используются корректирующие формулы, учитывающие как параметры ограничения, так и (ожидаемый) закон распределения вероятностей (ЗРВ) исследуемой случайной величины.

Однако в настоящих условиях зачастую время, в течение которого требуется провести оценку параметров надежности элементов автомобиля в эксплуатации, значительно меньше того, которое требуется для проведения пассивного эксперимента, заключающегося в подготовке и запуске в эксплуатацию необходимого для заложенной в эксперимент точности количества автомобилей, отслеживание этих автомобилей до получения необходимого количества отказов. В таком случае остается вариант получения информации о произошедших отказах на АТП "инспекторским" путем, — в течение одного, двух, трех дней можно собрать данные, имеющиеся в формулярах автомобилей, в учетных карточках в цеха (например, в аккумуляторном) о проведенных заменах, ремонтах и т. д. При этом, как правило, наблюдается процесс существенного "растворения" информации во времени, — "старые" данные о проведенных работах со временем уничтожаются за ненадобностью. Как ни странно, ведение информации по АТП в виде компьютерных баз данных может сокращать базу для анализа — в электронном виде значительно быстрее и проще удалять информацию, которая кажется неважной на текущий момент, занимая место в памяти компьютера. Но когда эта информация понадобится, — восстановить ее после удаления уже невозможно. Для деталей, агрегатов, имеющих значительную наработку на отказ, это означает сокращение объема выборки, иногда значительно. Кроме того, если эксплуатация исследуемого элемента автомобиля началась относительно недавно, количество уже отказавших может быть мало. В то же время при большом сроке эксплуатации исследуемого элемента в конструкции автомобиля при большой надежности этого элемента значимое количество данных о наработке на отказ можно получить, собирая сведения об отказах, произошедших в разные годы (календарные). Таким образом, эти данные обязательно включат в себя влияние меняющихся со временем условий эксплуатации, качества проводимых работ по ТО и т. д., что приводит к уменьшению точности определения параметров надежности, которые (часто) должны отражать текущее положение дел.

В подобной ситуации существует еще один источник данных — информация о пробегах еще не отказавших агрегатов, деталей с момента установки на автомобиль. Количество подобных данных, которое может быть получено на АТП, практически равно числу эксплуатируемых автомобилей.

К сожалению, при обработке информации подобного характера зачастую совершаются некоторые типичные ошибки. Элементы, параметры наработки на отказ которых исследуются, еще не отказали и откажут когда-то в будущем. Поэтому некоторые исследователи не считают возможным вообще использовать информацию подобного типа. Другие же проводят расчеты с некоторой "коррекцией", увеличением средней наработки на отказ, полученной в расчете на 20—50 % (в зависимости от фантазии), принимая при этом, что закон распределения вероятностей (ЗРВ) этой новой случайной величины будет тот же, что и для наработки на отказ (для отказавших элементов).

Рассмотрим, каким образом происходит формирование закона распределения вероятностей пробега от момента начала эксплуатации детали (установка на автомобиль взамен отказавшей, поступление нового автомобиля) до момента "сечения временного потока", — дня, когда проводится сбор данных на АТП, а также подходы к определению параметров закона распределения.

Разберем случай восстановления, — замена отказавших деталей новыми. (Как уже говорилось выше, данные, статистики по которым приведены далее, были получены в ходе проведения обследования предприятий для определения характеристик надежности АКБ.) Примем допущение о том, что количество единиц подвижного состава

gz412.fm Page 26 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

на рассматриваемом АТП было постоянным в течение рассматриваемого периода при постоянной (одинаковой) возрастной структуре. В первом приближении не будем учитывать сезонную составляющую.

Для АТП со стабильной возрастной структурой можем принять, что параметр потока отказов по элементу постоянен во времени, т. е. среднее количество отказавших, и, следовательно, замененных, поставленных на автомобиль элементов в единицу времени постоянно, не зависит от времени. Обозначим пробег до отказа элемента через t_f, а пробег элемента от момента установки на автомобиль до момента "сечения" — t_ρ; плотность закона распределения вероятностей для t_f через $f(t)$, а для t_ρ, — через $\rho(t)$. Тогда процесс формирования закона распределения $\rho(t)$ из закона распределения $f(t)$ иллюстрируется на рис. 1.

Здесь левый график — поведение параметра потока отказа, правый — $\rho(t)$. Возьмем два отрезка длиной Δt, — на расстоянии t_1 от момента съема данных в прошлое и на расстоянии t_2. Тогда до момента "0" от точки t_1 дойдет $w(t_1)\Delta t R(t_1)$ работоспособных элементов, где $R(t)$ — функция безотказности, равная:

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt. \qquad (1)$$

Соответственно от момента t_2 до момента "0" дойдет $w(t_2)\Delta t R(t_2)$ работоспособных элементов. Учтя принятое допущение о постоянстве $w(t) = w_0$,

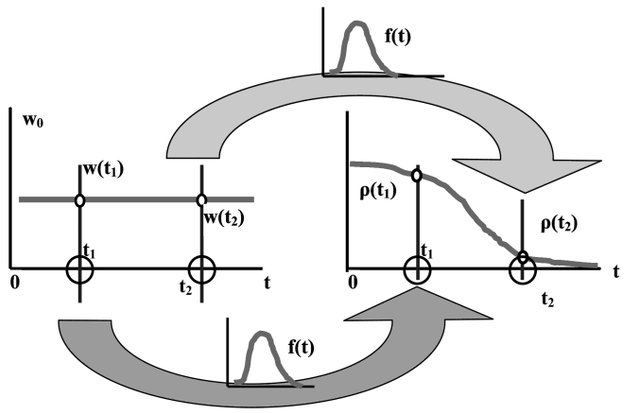


Рис. 1. Иллюстрация процесса формирования закона распределения $\rho(t)$

получим, что функция $f(t)$ (плотность закона распределения вероятностей пробега до отказа, замены) преобразуется в $\rho(t)$ (плотность закона распределения вероятностей пробега от начала эксплуатации объекта до момента "инспекторского съема данных"):

$$f(t) \to \rho(t)\colon \rho(t) = \frac{\omega_0 R(t)}{\int_0^\infty \omega R(t)dt}. \qquad (2)$$

Здесь интеграл в знаменателе нужен для нормировки, т. е. придания $\rho(t)$ одного из основных свойств плотности распределения вероятности — равенства единице интеграла, взятого по всей области определения.

Таким образом, закон распределения вероятностей для неотказавших элементов представляет из себя (по форме) функцию безотказности (обратный интегральный закон) для пробега до отказа. Будучи монотонно убывающим по определению, может быть ошибочно принят за экспоненциальный закон, либо закон Вейбулла—Гнеденко с большим коэффициентом вариации.

Расчеты показывают, что математическое ожидание новой функции $\rho(t)$ равно:

$$M_{\text{ожид}}(\rho) = \frac{\omega_0 0{,}5\left(M^2_{\text{ожид}}(f) + D(f)\right)}{\omega_0 M_{\text{ожид}}(f)} = M_{\text{ожид}}(f)\left(\frac{1+\nu}{2}\right), \qquad (3)$$

где $M_{\text{ожид}}(f)$ — математическое ожидание функции $f(t)$; $D(f)$ — дисперсия функции $f(t)$; ν — коэффициент вариации функции $f(t)$.

Продолжая расчеты, получаем выражение для дисперсии новой функции $\rho(t)$:

$$D(\rho) = \frac{1}{12}\left(\frac{4O(f)}{M_{\text{ожид}}(f)} + M^2_{\text{ожид}}(f)\left(1 + 6\nu^2 - 3\nu^4\right)\right). \qquad (4)$$

Здесь, в добавление к представленным выше обозначениям, используется центральный мо-

gz412.fm Page 27 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

мент третьего порядка для исходной функции $f(t)$:

$$O(f) = \int_{-\infty}^{\infty} (t - M_{\text{ожид}}(f))^3 f(t)dt. \qquad (5)$$

Эта статистика для исходной выборки (параметр начальной функции распределения вероятностей исследуемой величины). Она имеет то свойство, что для любого закона распределения вероятностей, имеющего симметричную плотность распределения вероятностей, момент $O(f) = 0$.

Таким образом, в случае экспоненциального распределения исходной случайной величины (пробег до отказа) математические ожидания для исходной функции $f(t)$ и для произведенной от нее функции $\rho(t)$ будут равны, и проведение какой бы то ни было коррекции в сторону увеличения будет неверным. В то же время, для случайных величин с малым коэффициентом вариаций (например, нормальный закон с $\nu = 0{,}1$) величина $M_{\text{ожид}}(\rho)$ будет отличаться от (искомой) величины $M_{\text{ожид}}(f)$ почти в 2 раза.

То же можно сказать и о центральном моменте второго порядка для функции $\rho(t)$ — для дисперсии.

В случае экспоненциального исходного распределения момент $O(f)$ равен:

$$O(f) = 2(M_{\text{ожид}}(f))^3 \qquad (6)$$

и соответственно, учитывая, что коэффициент вариации для экспоненциального распределения $\nu = 1$:

$$D(\rho) =$$

$$= \frac{1}{12}\left(\frac{8\left(M_{\text{ожид}}(f)\right)^3}{M_{\text{ожид}}(f)} M^2_{\text{ожид}}(f)\left(1 + 6\nu^2 - 3\nu^4\right)\right) =$$

$$= M^2_{\text{ожид}}(f)\frac{(8 + 1 + 6 - 3)}{12} = M^2_{\text{ожид}}(f) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu(\rho) = \frac{\sqrt{D(\rho)}}{M_{\text{ожид}}(f)} = 1, \qquad (7)$$

получаем в подтверждение предыдущих утверждений коэффициент вариации для функции $\rho(t)$ также равным 1 (при $f(t)$ — экспонента).

В случае же нормального распределения, коэффициент вариации будет выражаться:

$$\nu(\rho) = \frac{\sqrt{\frac{1}{12}\left(M^2_{\text{ожид}}(f)\left(1 + 6\nu^2 - 3\nu^4\right)\right)}}{M_{\text{ожид}}(f)} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1 + 6\nu^2 - 3\nu^4}{12}\right)}. \qquad (8)$$

Выражение для дисперсии может быть при этом представлено как:

$$D(\rho) = D(f) + \frac{M_{\text{ожид}}(f)}{3} - M_{\text{ожид}}(\rho) =$$

$$= M^2_{\text{ожид}}(f)\left\{\left(\frac{1}{3} + \nu^2\right) - \left(\frac{1 + \nu^2}{2}\right)^2\right\}, \qquad (9)$$

что при типичном коэффициенте вариации $\nu(f) \sim 0{,}3$ для нормального распределения даст значение $\nu(\rho) \sim 0{,}355$, а при $\nu(f) = 0{,}1 \to \nu(\rho) \sim 0{,}297$, при $\nu(f) = 0{,}6 \to \nu(\rho) \sim 0{,}48$, при $\nu(f) \sim 0{,}4 \to \nu(\rho) \sim$ $\sim 0{,}4$. Т. е. точкой пересечения является значение $\sim 0{,}4$. При этом, также нередком коэффициенте вариации 0,4 для нормального закона, математическое ожидание уменьшится до 0,58 истинного значения (от $M(f)$).

Достаточное количество данных позволяет сравнить получающиеся законы распределения вероятностей для обоих случаев и показывает справедливость утверждения о переходе исходного распределения вероятностей в интегральную форму для пробегов неотказавших элементов.

Зависимость коэффициентов вариации для исходного ЗРВ (функция $f(t)$) и для ЗРВ, описываемого функцией $\rho(t)$ показана на рис. 2.

На рис. 3 проведенные рассуждения проиллюстрированы статистикой по пробегу до замены АКБ в одном из автобусных парков Москвы.

Учитывая, что:

$$\int_0^{\infty} R(t)dt = M_{\text{ожид}}(f), \qquad (10)$$

формула (2) может быть представлена:

$$\rho(t) = \frac{R(t)}{M_{\text{ожид}}(f)}. \qquad (11)$$

gz412.fm Page 28 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

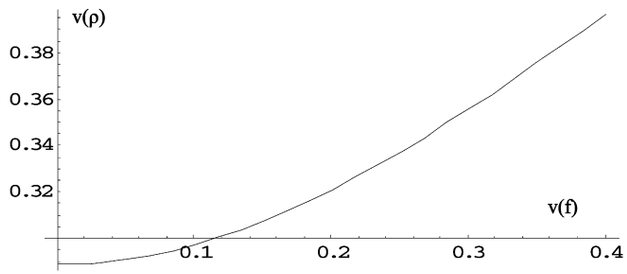
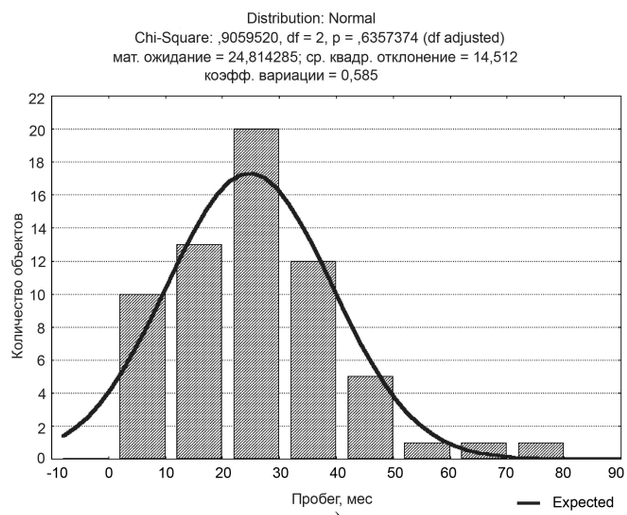
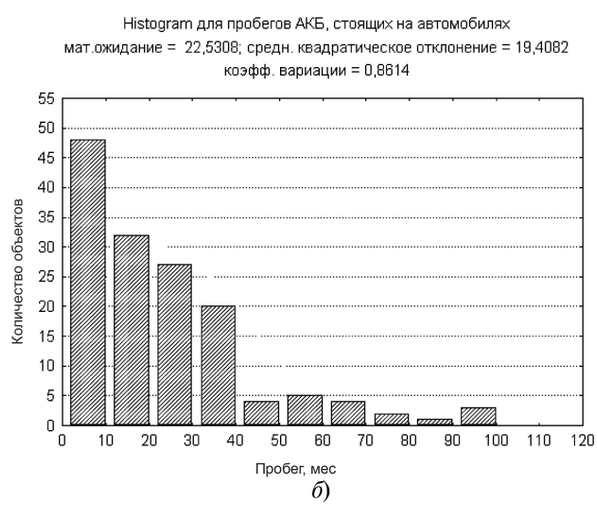


Рис. 2. Зависимость коэффициентов вариации для исходного ЗРВ (функция *f*(*t*)) и для ЗРВ, описываемого функцией ρ(*t*)



а)



б)

Рис. 3. Сравнение законов распределения для пробегов до замены АКБ (*а*) и пробегов неотказавших АКБ с момента установки (*б*)

Таким образом, приведя собранные данные по пробегам неотказавших элементов к форме плотности распределения вероятностей (проведя нормировку) и помня, что $R(0) = 1$ по определению, можем сразу определить искомую среднюю наработку на отказ исследуемого элемента автомобиля.

Исследование получаемых по реальным данным функций $\rho(t)$ показывает, что при построении этой функции с большой дискретностью (не с годовым интервалом, а с месячным) становится явно видно влияние сезонности на параметр потока отказа $w(t)$. Так, например, на рис. 3 гистограммы даны с интервалом в 10 месяцев, а на рис. 4 те же данные приведены с разбивкой по одному месяцу, при этом заметна существенная периодическая составляющая.

В подобных случаях (формула (11) уже не может быть применена в таком простом виде) может быть применен прямой подбор функционального выражения для закона распределения по получившемуся полигону данных с помощью, например, программы Statistica, включая в ожидаемое выражение как интегральную функцию распределения, так и периодические функции, описывающие влияние сезонности (тонкие линии), дан полигон значений, толстая линия — подобранная функция. Программа Statistica 5.5 использована как при подборе функции на рис. 4, так и при подборе параметров для закона распределения на рис. 3.

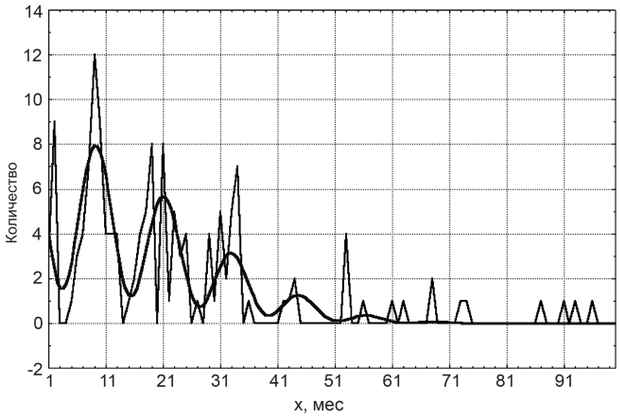


Рис. 4. Учет сезонной составляющей при подборе закона распределения вероятностей для пробега до отказа (замены)

gz412.fm Page 29 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

Однако возникает необходимость оценить ошибку, которую может внести сезонная "помеха" в представленную выше логику анализа законов распределения вероятностей.

Анализ показал, что с большой достоверностью функция $w(t)$ может быть представлена как:

$$w(t) = w_0 + b\sin(\xi t + \varphi). \qquad (12)$$

При этом значение "b" достигает достаточно больших значений — до $0{,}45w_0$, так что соотношение значений в экстремумах функции $w(t)$ доходит до 2,5—2,7. Значение ξ при годовой периодичности этой функции равно 2π.

Тогда, аналогично формуле (2):

$$M_{\text{ожид}}(\rho) = \frac{\int_0^\infty \omega(t)tR(t)dt}{\int_0^\infty \omega(t)R(t)dt}. \qquad (13)$$

Числитель выражения вычисляется как:

$$\int_0^\infty \omega_0 + b\sin(\xi t + \varphi)R(t)dt = \omega_0 M(f) -$$

$$-\left((\hat{E}_{\text{кор}} = \left(\int_0^\infty R(t)d\cos(\xi t + \varphi)\right)\right), \qquad (14)$$

поскольку

$$\int_0^\infty R(t)d\cos(\xi t + \varphi) =$$

$$= -\int_0^\infty \cos(\xi t + \varphi)f(t)dt + \cos(\xi t + \varphi)R(t), \qquad (15)$$

где обе составляющие в правой части меньше единицы. Приняв используемые коэффициенты в соответствии с собранными на предприятии данными:

$$b \leqslant \frac{\omega_0}{2};\ \xi = 2\pi;\ M(f) > 2, \qquad (16)$$

оценим величину ошибки:

$$\frac{K_{\text{кор}}}{\omega_0 M(f)} \leqslant \frac{2b}{\xi\omega_0 M(f)} \leqslant \frac{1}{4\pi} < 0{,}08. \qquad (17)$$

Аналогично знаменатель может быть оценен как:

$$\int_0^\infty \omega_0 + b\sin(\xi t + \varphi)tR(t)dt =$$

$$= \omega_0 \int_0^\infty tR(t)dt + b\int_0^\infty tR(t)\sin(\xi t + \varphi)dt\omega_0 \int_0^\infty tR(t)dt =$$

$$= \frac{\omega_0}{2}(D(t) + M^2(f)); \qquad (18)$$

$$\int_0^\infty tR(t)\sin(\xi t + \varphi)dt = \frac{1}{\xi}\left(-\cos(\xi t + \varphi)tR(t)\Big|_0^\infty + \right.$$

$$\left. + \int_0^\infty \cos(\xi t + \varphi)R(t)dt + \int_0^\infty \cos(\xi t + \varphi)tf(t)dt\right),$$

здесь первая составляющая равна 0, остальные составляющие:

$$\int_0^\infty \cos(\xi t + \varphi)R(t)dt = \frac{1}{\xi}\left(\sin(\xi t + \varphi)R(t)\Big|_0^\infty - \right.$$

$$\left. - \int_0^\infty \sin(\xi t + \varphi)f(t)dt\right) < \frac{1+1}{\xi}\int_0^\infty \cos(\xi t + \varphi)tf(t)dt <$$

$$< M(f) \Rightarrow K_{\text{кор2}} < \frac{b}{\xi}\left(\frac{2}{\xi} + M(f)\right) = \frac{\omega_0}{4\pi}\left(\frac{2}{2\pi} + 2\right); \qquad (19)$$

оценим величину ошибки знаменателя:

$$\frac{K_{\text{кор2}}}{\frac{\omega_0}{2}\left(D(t) + M^2(f)\right)} <$$

$$< \frac{\omega_0}{4\pi}\left(\frac{2}{2\pi}\right) \Big/ \frac{\omega_0}{2}(D(t) + M^2(f)) <$$

$$< \frac{1}{4\pi\left(1 + \nu(f)^2\right)}\left(\frac{1}{2\pi} + 1\right) < 0{,}08. \qquad (20)$$

Отсюда можно сделать вывод, что даже при таких существенных сезонных колебаниях параметра потока отказов (разница — почти в 3 раза между летним и зимним значениями!) оценка ошибки — не более 15—16 %, в зависимости от

gz412.fm Page 30 Wednesday, April 11, 2012 2:22 PM

значения сдвига фаз φ. При корректном подборе времени сбора данных (в данном случае — осень или весна) величина ошибки существеннейшим образом снижается. Это подтверждается не только оценочным анализом, приведенным здесь, но и расчетами по представленным выражениям численным интегрированием. Если же проводить подбор функции с помощью программ обработки статистики, как показано на рис. 2, с учетом показанного выше (интегральная функция) подхода, то ошибка определения матожидания наработки на отказ (на замену) может быть еще уменьшена. Следовательно, данный метод имеет право на применение даже в условиях сезонного (периодического) изменения параметра потока отказа.

Интересно, что такой подход может быть применим не только к узлам, деталям автомобиля или иной техники, но и к социальным проблемам. Так, при относительно стабильном количестве народонаселения в заданной области вполне возможно оценивать сроки приобретения товаров, имеющих относительно долгие (два и более лет) сроки "жизни", — от телевизоров до автомобилей. В случае необходимости быстрого анализа ситуации мало кто может точно вспомнить сроки приобретения предыдущих бытовых приборов, в то время как время приобретения последнего, используемого в настоящее время автомобиля, телевизора, стиральной машины, можно установить по паспорту устройства, что аналогично получению информации из формуляра на автомобиль на АТП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Подход** к оптимизации структуры СТОА на основе анализа ее жизнеспособности [Текст] / И. В. Воробьев, В. А. Егоров, И. В. Фирсов // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта. Сборник научных трудов по материалам 69-й Научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ-ГТУ. М.: изд-во МАДИ (ГТУ), 2011.
2. **Принципы** создания методики определения границ принятия решения о виде ремонта поврежденной детали кузова автомобиля [Текст] / Д. В. Галяткин, В. А. Егоров, Г. Ш. Муравкина // Автотранспортное предприятие. — № 9. М.: НПП Транснавигация Минтранс России, 2011.
3. **Прогнозирование** затрат на кузовные работы [Текст] / А. А. Абакаров, В. А. Егоров, С. В. Жанказиев // Грузовое и пассажирское автохозяйство. Сер. технических наук. — № 5 (15). М.: НП Издательский Дом "Просвещение", 2005.
4. **О корректности** обработки статистики незавершенных испытаний для определения параметров надежности узлов и агрегатов автомобиля [Текст] / В. А. Егоров, Ю. А. Краснов, А. Н. Ременцов // Автотранспортное предприятие. — № 11. М.: НПП Транснавигация Минтранс России, 2005.

ЗИЛ Евро-4

Получено одобрение типа транспортного средства на автомобили ЗИЛ-5301, –4329, –4327 с дизелем Минского моторного завода (Евро-4). Несмотря на решение Минпромторга отложить запрет на выпуск и продажу новых автомобилей ниже экологического стандарта Евро 4 до 2013 г., на ЗИЛе решили не откладывать дело.

Главный конструктор АМО "ЗИЛ" Евгений Рыбин: "Благодаря внедрению распределенного впрыска и электронной системы управления подачей топлива в текущем году доведем до требований Евро-4 и наш бензиновый двигатель. Отказываться от бензиновых грузовиков завод не собирается, поскольку они пользуются спросом у потребителя".

Пожарный "Урал"

Передвижной насосно-рукавный комплекс предназначен для работы в условиях слаборазвитой или разрушенной инфраструктуры. Он имеет функции пожарной автоцистерны; насосной станции; рукавный комплекс. Насосная станция способна брать воду с глубины 60 м и подавать на расстояние 3000 м. В кабине достаточно места для боевого расчета из 6 человек.

Шасси "Урал-6370" (6 × 6, полная масса 33,5 т, грузоподъемность 20,4 т).

gz412.fm Page 31 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

КАЧЕСТВО

УДК [518.1.001 + 681.326.32]:64

С. Л. Горин, канд. техн. наук, Южно-Российский гос. ун-т экономики и сервиса,
П. В. Харламов, канд. техн. наук, Ростовский гос. ун-т путей сообщения
E-mail: gorinsl@mail.ru

К ВОПРОСУ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА С ШИРОКОПРОФИЛЬНОЙ ШИНОЙ

Представлена методика снижения вибронагруженности колеса автомобиля с широкопрофильной шиной путем оптимизации положения шины относительно колесного диска, что позволяет снизить массы уравновешивающих грузов при выполнении балансировки автомобильного колеса.

Ключевые слова: *автомобильное колесо, дисбаланс, уравновешивание, автомобильная шина, уравновешивающий груз.*

Современное развитие автомобилестроения сопровождается непрерывным увеличением скоростей движения и грузоподъемностей автотранспортных средств (АТС), что приводит к повышению требований обеспечения безопасности движения и эксплуатации. Первое условие обеспечивается за счет установки на автотранспортные средства различных систем активной безопасности, которые, используя информацию о динамике процессов протекающих в узлах и агрегатах автомобиля, предотвращают развитие критических ситуаций [1]. Несмотря на большое разнообразие существующих конструкций машин, динамические качества любой машины могут быть исследованы по методике, базирующейся на законах теоретической механики и теории колебаний. Транспортное средство является механической колебательной системой, снижение амплитуд колебаний позволит повысить эксплуатационную надежность как конкретных механизмов, так и транспортного средства в целом.

Основными конструктивными отличиями широкопрофильных шин от обычных являются ширина профиля (увеличенная в 1,5—2 раза), более прочные каркас и бортовая часть. Наружный диаметр и высота профиля широкопрофильной шины незначительно отличаются от шин обычного исполнения. Нити корда в каркасе широкопрофильных шин располагают под увеличенным углом наклона к меридиональной плоскости (по сравнению с углом у обычных шин) для получения более широкого профиля поперечного сечения.

К важнейшим преимуществам широкопрофильных шин относятся: масса (на 20—25 %), что обеспечивает уменьшение неподрессоренных масс и соответствующее повышение грузоподъемности транспортных средств, лучшее сцепление с дорогой, меньшее сопротивление качению, лучшее охлаждение тормозных механизмов, меньшая радиальная жесткость. Замена шин обычной конструкции на широкопрофильные позволяет снизить расход материалов при изготовлении шин до 10 % и при изготовлении колес на 15—30 %. Кроме того, уменьшается сопротивление качению колеса и повышается плавность хода автомобиля, понижается расход топлива (до 4 %) и трудоемкость технического обслуживания автомобилей.

Дисбаланс колес относится к неисправностям, которые напрямую влияют на безопасность и комфортность езды. С точки зрения физики, дисбаланс колеса — это неравномерное распределение его массы относительно оси и/или центральной плоскости вращения, что приводит к возникновению спектра колебаний, влияющих на состояние подвески автомобиля, подшипников ступицы колеса, тормозные механизмы, рулевое управление. Причиной дисбаланса шины и колесного диска является совокупность факторов, а именно: неоднородность структуры, геометрическое отклонение фор-

gz412.fm Page 32 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

мы при производстве, геометрическое отклонение формы от эксплуатации, локальное добавление массы на шину, вследствие ремонта повреждения шины. Вредные последствия дисбаланса колес возрастают с увеличением скорости движения автомобилей, нагрузки, температуры воздуха и ухудшением дорожных условий [2].

Результаты экспериментального исследования изменения корректирующих масс грузов в плоскостях коррекции при динамической балансировке автомобильных колес с широкопрофильными шинами представлены на рис. 1—3.

Анализ всех зависимостей показывает, что изменение корректирующих масс груза в двух плоскостях коррекции имеет непрямолинейную зависимость. Причиной такой непрямолинейности, является конструктивный и технологический дисбаланс. Технологический дисбаланс возникает в результате неточности изготовления изделия, т. е. отклонения размеров, неоднородности материалов и неточности геометрической формы, возникающих при заданном технологическом процессе. Также большое влияние оказывает то, что все колеса имеют усталостные разрушения дисков, незначительные деформации дисков, коррозионные разрушения. Также на непрямолинейность зависимостей оказывает влияние состояние шин, которые имеют равномерный износ в процессе эксплуатации и восстанавливаемые повреждения (порезы, которые при восстановлении могут удовлетворять критериям ремонтопригодности колес согласно ГОСТ 4754—97). Кроме того, при определенных углах поворота шины масса балансировочного грузика как значительно снижалась, так и возрастала.

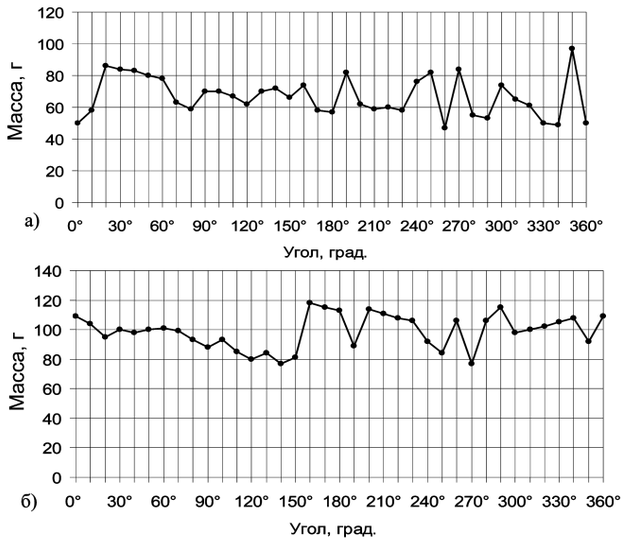


Рис. 1. Изменение корректирующей массы груза при балансировке колеса с шиной FIREHAWK 700 195/60 R14:

а — в плоскости коррекции по внутренней стороне колеса; *б* — в плоскости коррекции по наружной стороне колеса

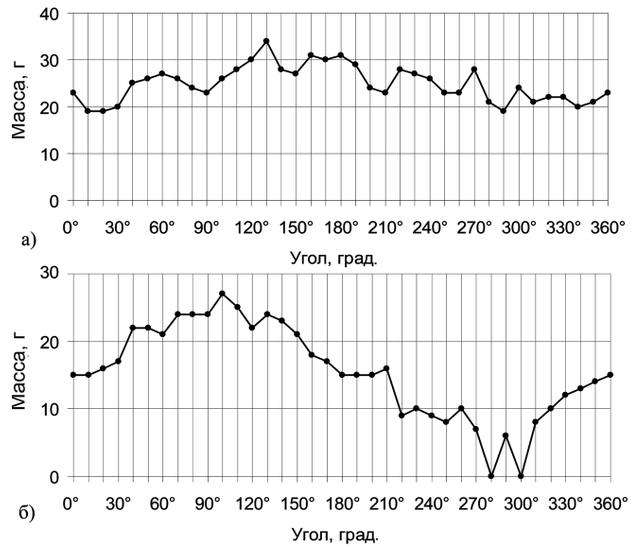


Рис. 2. Изменение корректирующей массы груза при балансировке колеса с шиной TOYO SNOWPROX S 940 215/65 R15:

а — в плоскости коррекции по внутренней стороне колеса; *б* — в плоскости коррекции по наружной стороне колеса

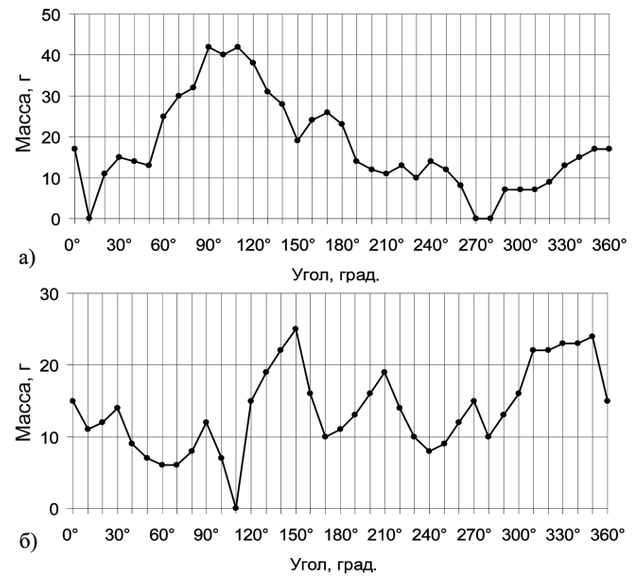


Рис. 3. Изменение корректирующей массы груза при балансировке колеса с шиной NOKIAN HAKKAPELITTA NRW 225/55 R16:

а — в плоскости коррекции по внутренней стороне колеса; *б* — в плоскости коррекции по наружной стороне колеса

gz412.fm Page 33 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

Для определения оптимального положения шины относительно диска был разработан метод динамической балансировки колеса с оптимизацией положения шины относительно колесного диска [3].

Метод включает технологию с использованием вычислительного прибора и проводится на базе средств для динамической балансировки колес легковых автомобилей. Основная операция в предложенном методе, вводимая дополнительно при динамической балансировке колес легковых автомобилей оптимизация положения шины относительно диска колеса. Проведение дополнительной операции позволяет повысить качество выполнения балансировки автомобильного колеса за счет снижения массы балансировочных грузов [3]. Без проведения данной операции балансировочный станок не в полной мере использует свои возможности, так как качество балансировки автомобильных колес зависит от конкретного колеса, параметры дисбаланса которого можно изменять поворотом шины относительно диска колеса.

Дополнительным оборудованием, необходимым для реализации предлагаемого метода, является: вычислительный прибор [2]; прибор для определения углов поворота шины относительно диска колеса.

Схема технологического процесса балансировки колес легкового автомобиля с использованием указанного вычислительного прибора показана на рис. 4.

Технология динамической балансировки с операцией оптимизация заключается в следующем: проводим общую метку на диске и шине, накачиваем до рабочего давления, устанавливаем на балансировочный станок и проводим первичную балансировку; снимаются показания остаточного дисбаланса:

$$m_{к1}, \psi_{к1}, m_{к2}, \psi_{к2}, \qquad (1)$$

показания масс $m_{к1}$, $m_{к2}$ — считываются с цифрового дисплея, на колесе отмечаются места установки балансировочных грузиков;

— колесо снимаем со станка и измеряем углы $\psi_{к1}$, $\psi_{к2}$ от общей метки на диске и шине до меток установки балансирующих грузиков (измерение проводим против часовой стрелки);

— колесо частично разбираем, и шину поворачиваем против часовой стрелки на пробный угол γ ($\gamma = 90°$), далее колесо в сборе устанавливается на балансировочный станок и считывается информация:

$$\dot{m}_{k1}, \dot{m}_{k2}, \dot{\Psi}_{k1}, \dot{\Psi}_{k2}. \qquad (2)$$

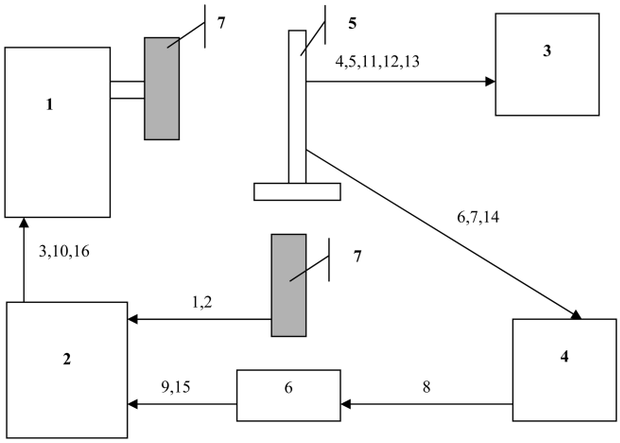


Рис. 4. Схема технологического процесса балансировки колес автомобиля:

1 — балансировочный станок; *2* — компрессор; *3* — счетный прибор; *4* — стенд для сборки и разборки автомобильного колеса; *5* — приспособление для измерения углов крепления дисбалансных масс; *6* — прибор для измерения углов поворота шины относительно диска; *7* — автомобильное колесо

Информация (1), (2) и угол $\gamma = 90°$ вводится в вычислительный прибор, который выдает следующие параметры:

— сторона шины $p = 1,2$ — соответственно, наружная и внутренняя сторона шины относительно балансировочного стенда;

— величина угла поворота шины до оптимального места расположения балансировочного грузика;

— словами указывается направление вращения шины (по часовой стрелке или против).

Применение данной методики позволяет снизить массы корректировочных грузов, а также уменьшить число автомобильных колес, не подлежащих балансировке согласно ГОСТ 4754—97.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Шаповалов, В. В.** Применение методов физико-математического моделирования и трибоспектральной идентификации для мониторинга фрикционных механических систем [Текст] / В. В. Шаповалов, А. Л. Озябкин, П. В. Харламов // "Вестник машиностроения", 2009. — № 5. — С. 49—57.
2. **Горин, С. Л.** Метод оптимальной балансировки колес легковых автомобилей [Текст] / С. Л. Горин // Автореф. дис. ... канд. техн. наук, Волгоград, 2007. 20 с.
3. **Горин, С. Л.** Метод снижения вибронагруженности колеса легкового автомобиля [Текст] / С. Л. Горин, П. В. Харламов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения: научно-технический журнал // г. Ростов-на-Дону, 2011. — № 1. — С. 12—17.

gz412.fm Page 34 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

ЭКОНОМИКА

УДК 629.3-69

А. Г. Филиппов, асп., **В. А. Янчевский**, канд. техн. наук, проф., МАДГТУ (МАДИ), г. Москва
E-mail: fill_dik@mail.ru

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЯХ АВТОНОМНЫХ ЖИДКОСТНЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

Зимой низкие температуры воздуха негативно воздействуют на автомобиль и человека. Поэтому необходимо устройство, позволяющее исключить или уменьшить это влияние, независимо от местоположения транспортного средства. Таким устройством является жидкостный подогреватель автомобиля. Однако относительно высокая стоимость приобретения и установки оборудования ограничивает его широкое применение. Изменение такой ситуации может быть только при наличии достаточного экономического эффекта от использования жидкостного подогревателя автомобиля, который может быть определен с помощью рассмотренной методики.

Ключевые слова: *низкая температура, тепловая подготовка, жидкостный подогреватель автомобиля, целесообразность установки.*

Проблемы связанные с эксплуатацией автомобилей зимой. В России всегда немалое внимание уделялось вопросу надежного функционирования автомобилей, особенно при их безгаражном хранении зимой. Начиная от подготовки автомобиля к зимнему сезону и заканчивая трудностями связанными с пуском холодного двигателя, которые дополняются повышенными износами и расходом топлива. Например, известно,что износы при пуске и прогреве составляют от 60 до 70 % от общих эксплуатационных износов.

Основными причинами затруднения пуска холодного двигателя являются изменения свойств топлив и масел используемых в двигателе, а также конструкционные особенности самого двигателя. Рассмотрим дизельный двигатель как наиболее часто используемый в качестве силовой установки почти на всех грузовиках. С понижением температуры увеличивается вязкость как дизельного топлива, так и моторного масла. А если учесть, что процесс воспламенения в дизеле зависит от температуры в конце такта сжатия и качества распыла топлива форсункой. То при температурах примерно ниже –10...–12 °С пуск дизеля без средств облегчения пуска был бы невозможен, в связи с плохим смесеобразованием в цилиндрах и возросшим сопротивлением проворачиванию коленчатого вала. Поэтому конструкцией дизеля предусмотрены средства разогрева воздуха во впускном коллекторе двигателя, для повышения конечной температуры в конце такта сжатия и улучшения смесеобразования. Это так называемые средства холодного пуска: электрофакельные подогреватели, свечи накаливания, устройства подачи пусковых жидкостей и др. Эти средства эффективны в диапазоне температур примерно до –25...–30 °С [1]. Потому что при температурах ниже этих холодная аккумуляторная батарея не может обеспечить необходимую для пуска скорость вращения вала двигателя, даже при условии применения стандартных зимних сортов топлив и масел. Например, для автомобиля КамАЗ при температуре окружающего воздуха ниже –20 °С пуск двигателя без тепловой подготовки или устройств подачи легковоспламеняющейся жидкости становится проблематичным, а в ряде случаев невозможным.

Грустную картину холодного пуска двигателя дополняют также повышенные износы и расход

gz412.fm Page 35 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

топлива. В некоторых источниках утверждается, что один пуск при низких температурах вызывает износ, эквивалентный пробегу автомобиля в 400—500 км. В других же говорится, что современные двигатели изнашиваются незначительно. Наиболее точный ответ, пожалуй, был дан после сравнения данных различных авторов по пусковым износам цилиндров двигателя [1]. Так, один пуск при –20 °С эквивалентен примерно 18 км. пробега автомобиля. К этому можно добавить, что зимняя эксплуатация автомобиля кроме износа, требует увеличения норм расхода топлива на 5—20 % в зависимости от климатического района [2]. Эту картину можно изменить, если перед пуском холодного двигателя предварительно обогреть двигатель. Известно, что при пуске предварительно разогретого двигателя износ цилиндров по сравнению с холодным пуском уменьшается в 2,5 раза [3]. А экономия топлива для легкового автомобиля за зимний сезон может составлять от 30 до 150 л топлива [2]. Для грузовиков, соответственно, эти цифры будут в разы больше.

Завести двигатель на морозе, выполняя пусковые работы при которых человек может получить ожоги, обморожения рук или просто заболеть. Нужно еще прогреть не только двигатель до рекомендуемой заводом-изготовителем температуры, но и кабину перед началом движения. Таким образом, обеспечить условия высокопроизводительной работы как водителя, так и двигателя. Известно, что при работе в дискомфортном микроклимате у водителя снижается быстрота и точность движений, он совершает большее число ошибок. Все это приводит к росту ДТП. На увеличение аварийности также влияет ухудшение обзорности из-за замерзших стекол кабины. Поэтому в последнее время внимание стало уделяться не только сокращению доли пусковых работ, выполняемых человеком, но и комфортабельности рабочего места водителей, как в начале движения холодного автомобиля, так и при длительных рейсах, когда ночной отдых водителя происходит в кабине грузовика.

Еще в конце прошлого столетия был проведен опрос водителей, который показал, что 99 % дальнобойщиков отдыхают в кабине своего автомобиля из-за недостаточно развитой сети придорожных гостиниц. Хотя в настоящее время их число увеличилось в разы, но водители по-прежнему располагаются на отдых в кабине своего грузовика, вынужденно оставляя двигатель работать на холостых оборотах. Во-первых для обогрева кабины, если нет иных устройств подогрева, во-вторых, если температура окружающего воздуха ниже пороговой, при которой пуск двигателя штатными средствами холодного пуска невозможен. Может быть ночевка в кабине это дело привычки? Но, скорее всего, это отсутствие надежно охраняемых площадок-стоянок на трассе.

Известно, что обогрев кабины на трассе при ночной стоянке приводит к дополнительному расходу топлива. Например, для автомобилей КамАЗ расход может составлять до 7 л/ч. Кроме того, длительная работа дизельного двигателя на холостых оборотах способствует закоксовыванию, а в отдельных случаях даже механическим поломкам его форсунок. Поэтому столь важны устройства, не только обеспечивающие надежный и быстрый пуск двигателя, но и снижающие преждевременный износ деталей цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма, чрезмерный расход топлива и выброс отработавших газов.

Способов и средств обеспечения пуска зимой придумано немало. В их числе: способы и средства по сохранению тепла (утеплительные чехлы, теплоаккумуляторы и др.); средства тепловой подготовки автомобиля (инфракрасные излучатели, электрические подогреватели и др.); средства холодного пуска двигателя. Однако большинство из них для работы требуют наличия внешних источников энергии, или могут быть эффективно применены только в течение ограниченного времени после выключения двигателя. Поэтому они не приемлемы для автомобилей, длительные периоды работающих в отрыве от своих производственных баз.

Способ решения. В данной ситуации логичным способом решения проблем, связанных с холодным пуском двигателя и обогревом кабины следует признать применение автономных жидкостных подогревателей, которые в основном устанавливаются на автомобиль как дополнительное оборудование. На рис. 1 показана примерная схема установки автономного жидкостного подогревателя на грузовой автомобиль.

gz412.fm Page 36 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

Рис. 1. Жидкостный автономный подогреватель на грузовом автомобиле:

1 — подогреватель; *2* — подвод топлива; *3* — подвод воздуха; *4* — отвод отработанных газов; *5* — глушитель; *6* — подвод напряжения; *7* — соединение с системой охлаждения двигателя; *8* — штатные "печка" с вентилятором; *9* — кран отключения системы охлаждения двигателя

Современный автономный жидкостный подогреватель (АЖП) — это прибор, работающий на штатном топливе автомобиля при любой температуре окружающего воздуха, в том числе до –60 °С. Основным элементом устройства является камера сгорания, выполненная из нержавеющей стали (рис. 2). В камеру принудительно подается воздух и топливо, образующие топливную смесь, которая первично поджигается свечой накаливания. Сгорая, топливная смесь выделяет тепло, которое передается через стенки камеры сгорания охлаждающей жидкости. Жидкость насосом подогревателя прокачивается по системе охлаждения автомобиля, т. е. рубашке блока цилиндров и штатному отопителю салона (кабины). Автоматика включает вентилятор и теплый воздух поступает в кабину автомобиля. В ряде подогревателей предусмотрена возможность, позволяющая обогревать только салон (кабину) автомобиля. Такой режим наиболее ценен для дальнобойщиков, когда водитель на ночной отдых отстается в кабине. Температурный режим можно назначить заранее. Это предотвращает перегрев воздуха в кабине и позволяет держать стекла кабины закрытыми, что повышает комфортабельность кабины. При длительной работе подогревателя, в случае снижения напряжения аккумулятора до предельно допустимой величины, дается звуковое предупреждение (для спящего водителя). Если водитель не предпринял никаких действий, то подогреватель прекращает свою работу.

Отработавшие газы из камеры сгорания через глушитель обычно направляют на поддон картера двигателя автомобиля для дополнительного прогрева моторного масла.

Вся эта, нехитрая, на первый взгляд, конструкция находится под контролем сложной системы автоматического управления, включающей блок управления подогревателем и устройства взаимодействия с водителем. Автоматика блока управления отслеживает работу всех узлов и агрегатов подогревателя на каждом этапе его работы, в том числе и перед пуском, и регулирует процесс горения в нем. Поэтому пожаробезопасность рассматриваемых устройств, находится на весьма высоком уровне, особенно в подогревателях последнего поколения, где контроль осуществляет электроника. По свидетельству ряда фирм-производителей, в их практике не было ни одного случая возгорания автомобиля из-за работы работающего подогревателя даже в отсутствие водителя.

Наиболее разнообразные органы взаимодействия с водителем заложены в конструкции подогревателей (см. рис. 2). Начиная от простого таймера, который позволяет включать подогреватель либо автоматически по заранее установленному дню и времени, либо вручную. И заканчивая управлением через блок дистанционного управления или телефон, удовольствие и польза от использования которых, не нуждаются в дополнительных комментариях.

gz412.fm Page 37 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

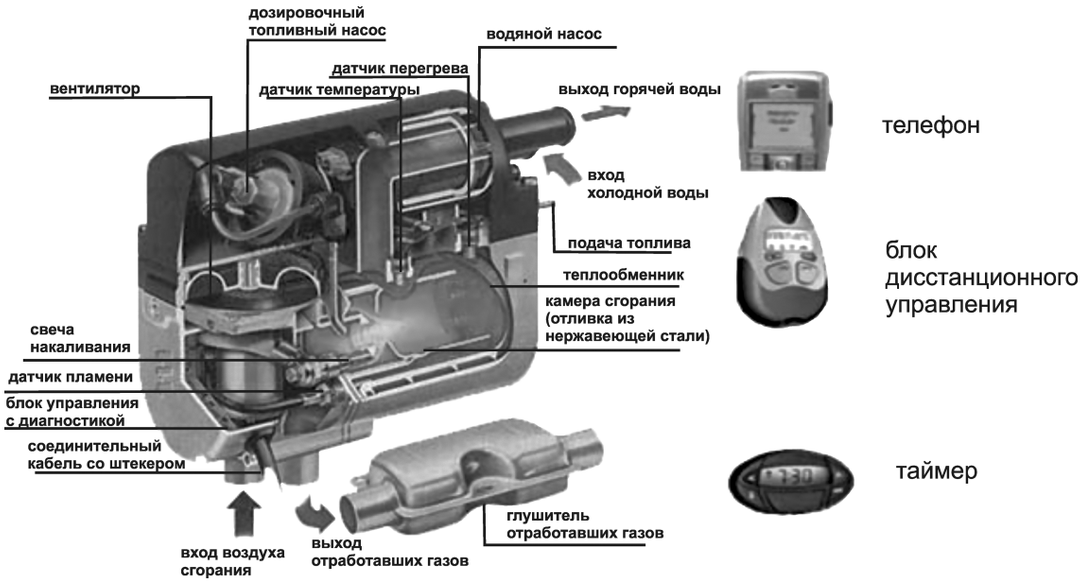


Рис. 2. Конструкция жидкостного подогревателя и органы управления им

На Российском рынке автономных подогревателей в основном присутствует пять фирм. Это две зарубежные компании Webasto и Eberspacher, а также российские компании ОАО "Шадринский автоагрегатный завод", ОАО "Элтра-Термо" (выпускающая подогреватели под брендом "Прамотроник") и ООО "Адверс" (бренд "Теплостар"). Модели упомянутых выше компаний различаются в основном мощностью отопительной системы, массой и количеством потребляемой электроэнергии (рис. 3).

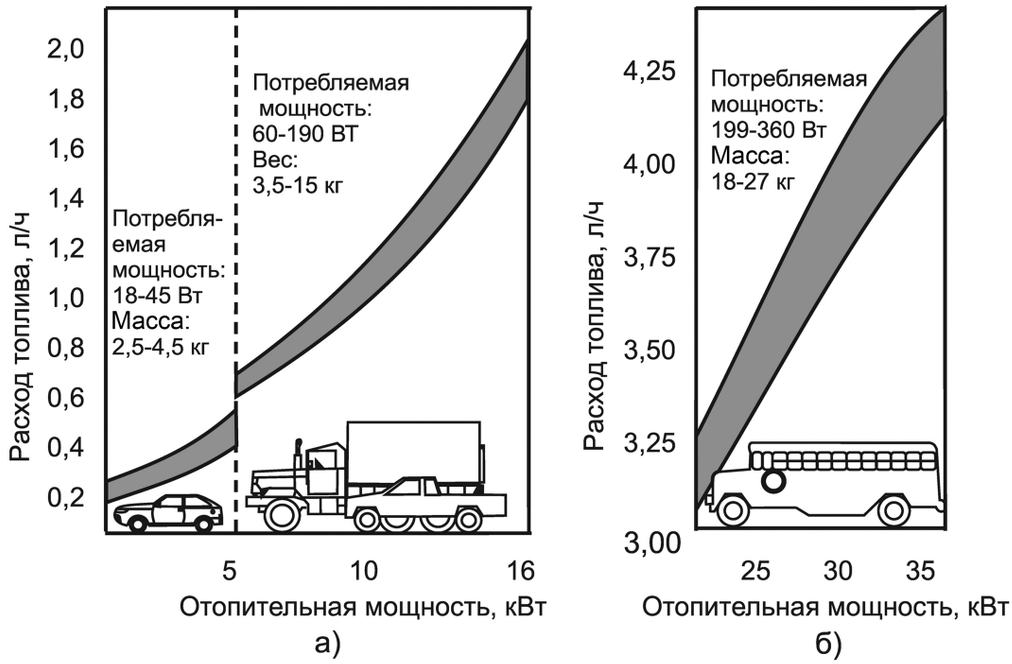


Рис. 3. Усредненные технико-экономические характеристики жидкостных подогревателей:

а — для легковых и грузовых автомобилей; *б* — для автобусов

gz412.fm Page 38 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

Рис. 4. Цена и гарантийные обязательства на автономные подогреватели

Подбор кокретной модели в большей степени определяется мощностью, габаритами и функциями управления. Следует также отметить, что зарубежные АЖП хотя и стоят дороже, но они не требуют операций разборки-сборки при ТО, только ремонт и диагностику по потребности, имеют гарантию 24 (12) месяцев без учета наработки (рис. 4). Поэтому большинство автотранспортных предприятий отдают предпочтение подогревателям зарубежного производства, особенно для иностранных автомобилей. Потребителями же наших подогревателей являются в основном отечественные автозаводы, которых привлекает простота в обслуживании и ремонте, достаточная надежность подогревателей, ну и конечно, цена.

Целесообразность оснащения автомобиля АЖП. Положительное влияние АЖП на работу двигателя и использование в автомобиле очевидно. Однако относительно высокая стоимость приобретения и установки ограничивает их широкое применение. Изменение такой ситуации может быть только при наличии экономического эффекта от использования АЖП, который достигается за счет многих положительных факторов, о которых было сказано ранее. В том числе и благодаря экономии топлива при отказе от безостановочной работы двигателя, во время стоянок автомобиля для ночного отдыха водителя. Поэтому в настоящее время разрабатывается методика, по которой можно будет определить целесообразность оснащения автомобиля автономным жидкостным подогревателем. Общая концепция данной методики показана на рис. 5 и состоит в том, чтобы на основании параметров, которые закладываются в модель, определить "точку возврата инвестиций", которая и будет критерием целесообразности оснащения автомобиля АЖП. Получение необходимых для модели данных возможно при анализе тахограмм автомобиля и экспериментах по работе АЖП.

Проведенные наблюдения за седельным тягачом КамАЗ показали, что использование автономного жидкостного подогревателя мощностью 11 кВт в течение часа при температуре –25 °С позволяет пустить двигатель с первой попытки. А после работы двигателя на холостом ходу в течение трех минут сразу начать движение без каких-либо последствий для двигателя и человека. Потому что температура охлаждающей жидкости

gz412.fm Page 39 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

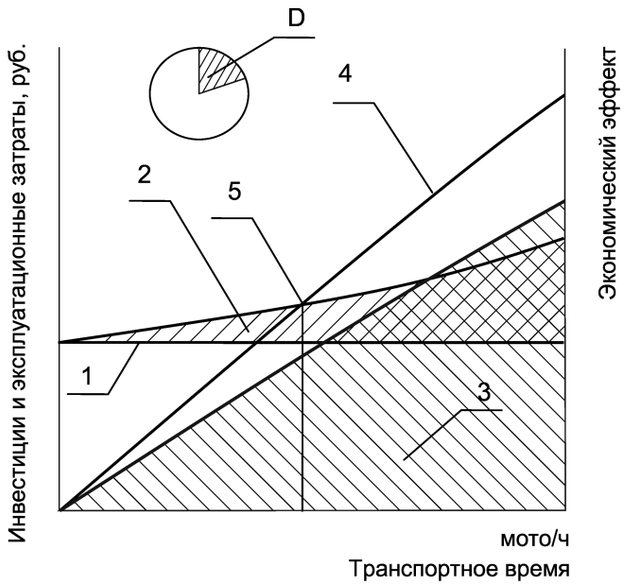


Рис. 5. Концепция модели целесообразности оснащения автомобиля АЖП:

1 — затраты на приобретение оборудования (const); *2* — затраты на топливо и обслуживание; *3* — стоимость сэкономленного топлива при применении АЖП; *4* — суммарный эффект от применения АЖП (как масштабный коэффициент к сэкономленному топливу; *5* — точка возврата инвестиций; *D* — доля применения АЖП в единице транспортного времени (мониторинг маршрута)

выше рекомендуемой температуры для начала принятия нагрузки, а водитель управляет транспортным средством в комфортных для него условиях. Также следует добавить, что при длительном обогреве кабины КамАЗ замечено, что подогреватель работает циклично, поддерживая в кабине заданную водителем температуру.

Вывод. Рассмотренное в этой статье средство тепловой подготовки, при его обоснованном применении, снизит негативное влияние отрицательных температур воздуха на технико-эксплуатационные показатели автомобиля и организм человека. А создаваемая модель целесообразности оснащения автомобиля АЖП позволит определить комплектацию автомобиля подогревателем в зависимости от климата региона эксплуатации и характеристик транспортного процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. **Крамаренко, Г. В.** Безгаражное хранение автомобилей при низких температурах [Текст] / Г. В. Крамаренко, В. А. Николаев, А. И. Шаталов. — М.: Транспорт, 1984. — 136 с.
2. **Кузнецов, Е. С., Болдин А. П., Власов В. М.** и др. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов и др. Учебник для вузов. 4-е изд. перераб. и дополн. — М.: Наука, 2001. — 535 с.
3. **Лосавио, Г. С.** Эксплуатация автомобилей при низких температурах [Текст] / Г. С. Лосавио. — М.: Транспорт, 1973. — 120 с.

Снегоболотоходы

Заволжский завод гусеничных тягачей подготовил к серийному производству двухзвенные снегоболотоходы.

Снегоболотоходы ГАЗ-3344 и ГАЗ-3351 предназначены для предприятий нефтегазового комплекса, геологии, геофизики, энергетики, подразделений МЧС, туристических организаций, охотников и рыболовов. Допустимые условия эксплуатации: температура окружающего воздуха –50...+40°, высота над уровнем моря 4650 м. Серийное производство начнется в 2012 г.

Новинки для аграриев

ОАО "Автоприцеп-КАМАЗ" приняло активное участие в выставке "Интерагромаш-2012", агропромышленного форума Юга России, проходившего в Ростове-на-Дону.

По словам заместителя генерального директора — коммерческого директора ОАО "Автоприцеп-КАМАЗ" Сергея Косолапова, экспозиция ставропольцев была составлена с намерением привлечь внимание крупных сельскохозяйственных организаций. Завод представлял совершенно новые модели тракторных прицепов — СЗАП-8582 для тракторов мощностью двигателя свыше 140 л. с. и СЗАП-8521 для тракторов мощностью до 140 л. с. Еще одна перспективная новинка, пользующаяся в последнее время повышенным спросом, — автопоезд-зерновоз СЗАП-6385 на базе шасси КАМАЗ-65117 и трехосного прицепа-зерновоза СЗАП-83053 — вызвала особый интерес у потенциальных потребителей.

(Департамент по связям с общественностью ОАО "КАМАЗ")

gz412.fm Page 40 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

УДК 629.113

Х. А. Фасхиев, д-р техн. наук, проф., **А. В. Крахмалева,** канд. экон. наук, Уфимский государственный авиационный технический университет
E-mail: faskhiev@yandex.ru

ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ ЦЕНЫ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ УРОВНЮ ЕГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ

Приведена методика выявления соответствия заявленной цены товара уровню его потребительских свойств. Данная оценка для товаров потребительского характера производится на основе выявления зависимости цены их от уровня качества товаров-аналогов. Для товаров инвестиционного назначения строятся зависимости чистой текущей стоимости от цены, по которой выполняется анализ соответствия цен сравниваемых товаров уровню их экономической эффективности.

Ключевые слова: *товар, цена, потребительские свойства, качество, экономическая эффективность, чистая текущая стоимость, грузовой автомобиль.*

При покупке товаров как потребительского, так и производственного назначения у покупателей возникают актуальные для них вопросы: соответствует ли цена товара заявленному продавцом уровню его потребительских свойств?; какой из имеющихся товаров наиболее полно соответствует его требованиям? Что касается товаров потребительского характера, ответы на эти вопросы можно получить, проведя сравнительную оценку альтернативных товаров по методике, изложенной в работе [1]. Так, по данной методике была построена линия "красной цены" зимних нешипованных шин размерности 175/70R13 (рис. 1) по 13 конкурентным шинам. Показатели качества шин были получены экспертами в ходе ходовых испытаний автомобиля ВАЗ-2110 [2]. Расположение товара относительно линии "красной цены" показывает уровень соответствия его цены установившимся на данный период на рынке зависимости цены данной группы товаров их потребительским свойствам. Так, товары, лежащие над линией красной цены, переоценены, т. е. стоят дороже, чем их "красная цена", и наоборот — для товаров, расположившихся ниже линии "красной цены". Покупатели товаров, лежащих над линией "красной цены" переплачивают. Например, для шины № 7 сумма переплаты составляет около 350 руб. Покупая шину Matador MP-55 (№ 12), можно "экономить" 510 руб., так как данная шина при "красной цене" 1300 руб. продается по цене 790 руб. Аналогичные оценки автором проведены для двигателей легковых автомобилей, фильтров, свеч зажигания, аккумуляторных батарей и могут быть проведены по любому товару.

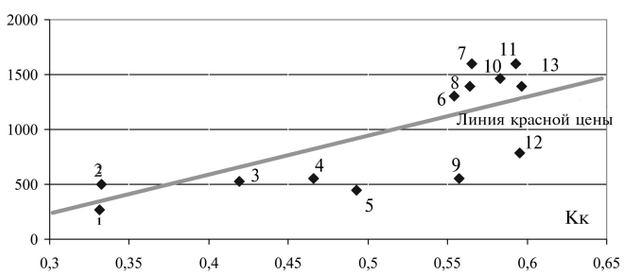


Рис. 1. График зависимости стоимости шин от коэффициента качества зимних нешипованных шин размерности 175/70R13:

1 — Бл-85; *2* — SPT4; *3* — Matador MP57; *4* — Partner M232; *5* — Росава Старт БЦ-20; *6* — Klever krisalp; *7* — Continental contact; *8* — Мишлен ХМ + S; *9* — НИИШП Ралли-2000; *10* — Dunlop Graspic; *11* — Bridgestone MZ-02; *12* — Matador MP-55; *13* — Nokian Q

В отличие от товаров народного потребления, покупку товаров инвестиционного назначения осуществляют с учетом фактора их экономической целесообразности в эксплуатации. Для них наиболее важным оценочным показателем является экономическая эффективность за жизненный цикл, т. е. с момента покупки до списания. В конкурентной

gz412.fm Page 41 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

экономике, где предложение превышает спрос, у покупателя имеется широкий выбор товаров одного и того же назначения, которые по своим технико-эксплуатационным показателям незначительно отличаются друг от друга. Естественно, покупатель стремится купить тот товар, который имеет наибольшую экономическую эффективность в эксплуатации. Для правильной оценки товаров их экономическая эффективность должна быть определена объективно, для чего необходимо соблюдать следующие требования: оценка должна производиться за жизненный цикл изделия; условия эксплуатации для сравниваемых объектов должны быть одни и те же; должны учитываться все доходы и расходы, связанные с оцениваемым объектом; должна быть обеспечена сопоставимость результатов оценки; необходимо ориентироваться на максимальный эффект или минимальные затраты; должен учитываться фактор времени; необходимо учитывать интересы всех участников инвестиций индивидуально; должно учитываться ухудшение параметров объекта оценки по мере старения; денежные потоки должны формироваться с учетом инфляции, неопределенностей и рисков, остаточной стоимости изделия в момент списания, правил бухгалтерского учета и налогового законодательства РФ.

Данные требования наиболее полно удовлетворяются при принятии в роли критерия уровня экономической эффективности товаров производственного назначения показателя чистая текущая стоимость (ЧТС) [3]. ЧТС определяется как разность суммарного дисконтированного денежного потока от эксплуатации изделия за жизненный цикл и дисконтированной суммы инвестиций (табл. 1). Например, для грузовых автомобилей ЧТС можно рассчитывать по формуле

$$\text{ЧТС} = \sum_{n=0}^{T_{\text{сл}}} \frac{T_{\text{ф}} W_n - s_{\text{эксп}} - H_{\text{прп}}}{(1+r)^n} + \frac{T_{\text{ф}} W_n - S_{\text{эксп}} + H_{\text{прп}} + Ц_{\text{ост}}}{(1+r)^n} - \sum_{n=0}^{T_i} \frac{I_n}{(1+r)^n}, \quad (1)$$

где $T_{\text{сл}}$ — срок службы, лет; $T_{\text{ф}}$ — тариф на перевозку, W_n — производительность автомобиля в n-м году;

Таблица 1

Расчет дисконтированного денежного потока от эксплуатации автомобиля

Показатель	0	1	...	$T_{\text{сл}}$*
1. ИНВЕСТИЦИИ Цена автомобиля Оборотные средства Сопутствующие вложения Итого инвестиций	 Ц I_2 I_3 $(Ц + I_2 + I_3)$			
2. ДОХОДЫ И РАСХОДЫ Выручка Эксплуатационные затраты Амортизация Балансовая прибыль Налоги и выплаты с прибыли Чистая прибыль		 $T_{\text{ф}}W$ $(S_{\text{экс}})$ (А) $T_{\text{ф}}W - S_{\text{экс}} - A$ $(H_{\text{пр}})$ $T_{\text{ф}}W - S_{\text{экс}} - A - H_{\text{пр}}$		 $T_{\text{ф}}W$ $(S_{\text{экс}})$ (А) $T_{\text{ф}}W - S_{\text{экс}} - A$ $(H_{\text{пр}})$ $T_{\text{ф}}W - S_{\text{экс}} - A - H_{\text{пр}}$
3. КОРРЕКЦИЯ ДЕНЕЖНОГО ПОТОКА Амортизация Изменение оборотных средств Остаточная стоимость автомобиля		 А ± ОС		 А ± ОС $Ц_{\text{ос}}$
Чистый денежный поток, ЧДП	$(Ц + I_2 + I_3)$	$T_{\text{ф}}W - S_{\text{экс}} - A$ $(H_{\text{пр}}) \pm ОС$		$T_{\text{ф}}W - S_{\text{экс}} - A$ $(H_{\text{пр}}) \pm ОС + Ц_{\text{ос}}$
$КД = 1/(1 + r)^n$	$КД_0$	$КД_1$		$КД_n$
Дисконтированный ЧДП (ДЧДП)	$ДI_0$	$ДЧДП_1$		$ДЧДП_n$

* $T_{\text{сл}}$ — срок службы автомобиля; $T_{\text{ф}}$ — тариф на перевозку; W — годовая производительность; $S_{\text{экс}}$ — годовые эксплуатационные затраты; А — амортизация; $H_{\text{пр}}$ — налоги и выплаты с прибыли; ОС — оборотные средства; $Ц_{\text{ос}}$ — остаточная стоимость автомобиля; КД — коэффициент дисконтирования.

gz412.fm Page 42 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

$S_{эксп}$, $H_{прп}$ — эксплуатационные затраты и налоги с прибыли; $Ц_{ост}$ — остаточная стоимость автомобиля к концу срока службы; T_i — период осуществления инвестиций, лет; I_n — инвестиции n-го периода; r — ставка дисконтирования, характеризующая стоимость привлеченного для реализации инвестиций капитала.

ЧТС рассчитывается за жизненный цикл объекта в эксплуатации с учетом динамики затрат и производительности по мере его старения. Интегральный показатель ЧТС определяется техническими, эксплуатационными, производственными, экономическими параметрами изделия, которые при покупке могут быть получены у продавца, например для автомобилей ЧТС $= f(Ц, N_{дв}, G_о, q, M_{дв}, \beta, \gamma, \alpha, ...)$. Здесь $Ц$ — цена изделия; $N_{дв}, G_о, q, M_{дв}, \beta, \gamma, \alpha, ...$ — характерные технико-эксплуатационные показатели (ТЭП) исследуемого автомобиля. Сравнительный анализ эффективности альтернативных вариантов товаров сводится к сравнению их ЧТС. Наиболее эффективной является тот товар, у которого ЧТС за срок службы больше. В случае, когда ЧТС < 0, инвестиции не окупаются за срок службы объекта, т. е. единовременные затраты больше, чем суммарный дисконтированный чистый доход.

У изделий, имеющих схожие технико-эксплуатационные показатели, величина ЧТС, прежде всего, определяется их ценой. Практика экономических расчетов показывает, что между ценой товара и его ЧТС имеется функциональная зависимость ЧТС $= f(Ц)$. Приняв все ТЭП исследуемого изделия постоянными, можно установить зависимость ЧТС от цены. При выборе инвестиционного товара покупатель стремится выбрать из аналогов то изделие, у которого ЧТС больше. Предельным является случай, когда ЧТС = = $ЧТС_{конк}$. Это обстоятельство позволяет сравнивать альтернативные товары по критерию соответствия цены их экономической эффективности. Сопоставляя конкурентные товары при одном и том же значении ЧТС можно выявить, который из них при этом имеет минимальную цену. Тот товар, у которого максимальная цена при заданном уровне ЧТС имеет наихудшую конкурентную позицию.

Для установления соответствия цены исследуемого объекта уровню экономической эффективности конкурентов предлагается алгоритм, приведенный на рис. 2.

В предлагаемом алгоритме конкурентная (расчетная) цена исследуемой модели сравнивается с фактической, т. е. по которой она продается на рынке. Расчетная цена для заданного уровня экономической эффективности при этом устанавливается по конкурентным моделям. При этом могут быть два случая: а) расчетная цена больше, чем фактическая, т. е. $Ц_{расч} > Ц_{факт}$. Это означает, что экономическая эффективность исследуемой модели, выражаемая ЧТС, больше, чем ЧТС конкурента $ЧТС_{исс} > ЧТС_{конк}$, цена исследуемой модели занижена, покупатель будет иметь выигрыш при покупке данного автомобиля; б) расчетная цена меньше, чем фактическая, т. е. $Ц_{расч} < Ц_{факт}$. Это означает, что ЧТС исследуемой модели меньше, чем ЧТС конкурента $ЧТС_{исс} < ЧТС_{конк}$, цена исследуемой модели завышена, покупатель при покупке данного автомобиля переплачивает, т. е. исследуемый автомобиль не стоит тех денег, которых запрашивает продавец за него.

Рис. 2. Схема установления соответствия заявленной цены исследуемой модели уровню ее экономической эффективности

Покажем данные на примере трех среднетоннажных развозных грузовых автомобилей, основные ТЭП которых приведены в табл. 2.

При различных уровнях цен с использованием прикладной программы "Авто-инвест" были определены функции зависимости ЧТС автомобилей от цены (рис. 3, табл. 3). Програм-

gz412.fm Page 43 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

ма "Авто-инвест" реализована в виде таблиц "Excel 2003" и позволяет решать следующие задачи [3]:

1) определить экономическую эффективность эксплуатации грузовых автомобилей и автобусов за жизненный цикл, т. е. с момента покупки до списания или продажи с учетом трех схем их приобретения: за счет собственных средств, по лизингу, по кредиту;

2) оценить уровень качества автомобилей и их агрегатов;

3) оценить конкурентоспособность автомобилей и их агрегатов;

4) моделировать уровень экономической эффективности, качества и конкурентоспособности автомобилей.

Таблица 2

Некоторые показатели, принятые для оценки ЧТС автомобилей

Показатель	КамАЗ-4308	МАЗ-437040	ГАЗ-3307
1. Грузоподъемность, т	5,5	5,15	4,4
2. Снаряженная масса, т	5,85	4,8	3,45
3. Полная масса, т	11,5	10,0	7,85
4. Объем фургона, $м^3$	26,4	35,6	15,9
5. Номинальная мощность двигателя, кВт	131	114	87,5
6. Максимальная скорость, км/ч	104,4	90	90
7. Средняя техническая скорость, км/ч	71,1	62,6	73,7
8. Максимальный крутящий момент двигателя, Н · м	640	460	274,7
9. Удельная мощность двигателя, кВт/т	16,94	14,44	17,62
10. Контрольный расход топлива, л/1000 км	216	130	196
11. Коэффициент сопротивления качению	0,015	0,015	0,015
12. Коэффициент учета рельефа местности	0,89	0,89	0,89
13. Коэффициент класса груза	0,9	0,9	0,9
14. Коэффициент использования пробега	0,6	0,6	0,6
15. Пробег с грузом, км	30	30	30
16. Время в наряде, ч	8	8	8
17. Число рабочих дней в году, дни	305	305	305
18. Коэффициент использования мощности двигателя	0,5	0,5	0,5
19. Ресурс до капитального ремонта, тыс. км	800	600	300
20. Срок службы автомобиля до списания, лет	8	8	8
21. Стоимость топлива, руб./л	26	26	27
22. Теплотворная способность топлива, Дж/кг	42 700 000	42 700 000	44 500 000
23. Средняя цена автомобиля, тыс. руб.	1750	1200	745
24. Годовой фонд рабочего времени, ч/год	1967	1967	1967
25. Отчисления во внебюджетные фонды, %	30	30	30
26. Ставка транспортного налога, руб./л.с.	30	24	30
27. Ставка страховой премии по автокаско	0,021	0,021	0,021
28. Тариф на перевозку, руб./т · км	7	7	7

Таблица 3

ЧТС сравниваемых автомобилей в зависимости от цены, тыс. руб.

Цена, тыс. руб.	КамАЗ-4308	МАЗ-437040	ГАЗ-3307
600	1520,7	1589,0	1809,7
700	1433,6	1501,9	1722,6
745	1394,4	1462,7	1683,4
800	1346,5	1414,7	1535,4
900	1259,4	1327,6	1548,3
1000	1172,2	1240,5	1461,2
1100	1085,1	1153,4	1374,0
1200	998,0	1066,2	1286,9
1300	910,9	979,1	1199,8
1400	823,7	892,0	1112,7
1500	736,6	804,9	1025,6
1600	649,5	717,7	938,4
1700	562,4	630,6	851,3
1750	518,8	587,1	807,7
1800	475,2	543,5	764,2
1900	388,1	456,3	677,0
2000	301,0	369,2	589,9

Для обеспечения объективности оценки сравниваемых автомобилей в "Авто-инвест" реализованы следующие принципы:

оценка ведется с позиции потребителя;

для всех сравниваемых автомобилей принимаются одинаковые условия эксплуатации;

в качестве конкурентов выбираются автомобили одного класса;

доходы и расходы рассчитываются с учетом инфляции;

денежные потоки дисконтируются;

учитывается снижение технико-экономических параметров автомобилей по мере их старения;

оценка экономической эффективности ведется с учетом схемы их приобретения;

затраты на капитальный ремонт учитываются в тот период, в котором они осуществляются;

эксплуатационные затраты автомобилей рассчитываются по формулам, учитывающим физический процесс транспортной деятельности и рыночные реалии в сфере транспортных услуг;

денежные потоки формируются по правилам бухгалтерского учета транспортной деятельности;

gz412.fm Page 44 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

в денежный поток входят все налоги, предусмотренные налоговым Кодексом РФ в сфере транспорта;

оценка экономической эффективности для предприятий и предпринимателей без образования юридического лица ведутся по разным программам.

Для расчета производительности и эксплуатационных затрат автомобиля с учетом его старения в программе использованы формулы, обоснованные в работе [4].

Расчеты показывают, что среди сравниваемых автомобилей при принятых условиях эксплуатации в течение 8 лет наибольшую ЧТС имеет ГАЗ-3307 — 1683,3 тыс. руб., у МАЗ-4370 — 1066,2 тыс. руб., у КАМАЗ-4308 — 518,8 тыс. руб. Для сравниваемых моделей за базовый объект примем МАЗ-4370. На рис. 3 на уровне ЧТС = 1066,2 руб. базового автомобиля проведена горизонтальная линия и по точкам пересечения ее с графиками ЧТС = $f(Ц)$ сравниваемых автомобилей КАМАЗ и ГАЗ были определены их расчетные цены. Эти цены обеспечивают данным автомобилям экономическую эффективность на уровне МАЗ-4370.

Данные рис. 3 показывают, что расчетная цена у КАМАЗ-4308 равна 1130 тыс. руб., а у ГАЗ-3307 — 1440 тыс. руб. У обоих автомобилей расчетные цены существенно отличаются от их фактических цен. Так, у КАМАЗ-4308 фактическая цена 1750 тыс. руб., а цена, обеспечивающая экономическую эффективность на уровне конкурента МАЗ-4370, на 620 тыс. руб. меньше. Для обеспечения конкурентоспособности автомобиля КАМАЗ-4308 по экономической эффективности продавцу необходимо на эту сумму снизить продажную цену. Для ГАЗ-3307 картина иная — продавцу можно повысить цену на 695 тыс. руб., т. е. почти в 2 раза. При цене 1440 тыс. руб. ЧТС у ГАЗ-3307 снизится до уровня ЧТС автомобиля МАЗ-4370.

Здесь необходимо заметить, что с изменением условий эксплуатации результаты расчета несколько изменяться, но обозначенные тенденции и соотношения останутся те же.

С использованием функций ЧТС = $f(Ц)$ конкурентных товаров может быть решена еще одна задача — определение максимального значения конкурентной цены нового изделия, т. е. можно определить такую цену новой модели, при которой ее ЧТС будет равна ЧТС конкурентной модели. Сопоставляя полученную конкурентную цену с планируемой, можно установить, насколько планируемая цена нового изделия конкурентоспособна по критерию экономическая эффективность.

Таким образом, оценка соответствия заявленной цены товара уровню его потребительских свойств для товаров потребительского характера может производиться на основе выявления функции зависимости их цены от уровня качества товаров-аналогов. Для товаров производственного назначения, таких как грузовой автомобиль, для решения данной проблемы необходимо выявить функции зависимости показателя экономической эффективности за срок службы (ЧТС) от цены сравниваемых товаров. Конкурентные цены сравниваемых автомобилей определяются из условия обеспечения равенства экономической эффективности сравниваемых моделей. Проверка соответствия заявленной цены изделия уровню его экономической эффективности позволит повысить объективность оценки и выбора грузовых автомобилей, сэкономить финансовые средства хозяйствующего субъекта. При применении предлагаемой методики появляется реальная возможность более обоснованного планирования покупки грузового автомобиля.

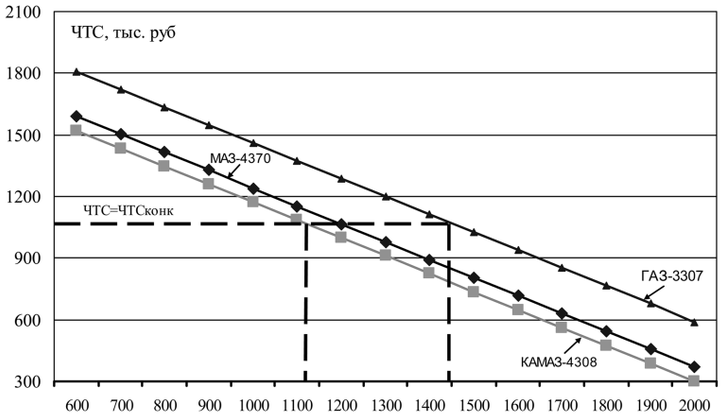


Рис. 3. Зависимость ЧТС автомобилей от цены

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Фасхиев, Х. А.** Принятие маркетинговых решений на основе количественной оценки объектов [Текст] / Х. А. Фасхиев // Маркетинг в России и за рубежом, 2010. — № 5. — С. 6—14.
2. **Испытание** зимних шин // За рулем, 1999. — № 9. — С. 68—74.
3. **Фасхиев, Х. А.** Динамический метод оценки экономической эффективности грузовых автомобилей [Текст] / Х. А. Фасхиев, А. В. Крахмалева, И. Д. Валеев. — Грузовик &. — 2007. — № 6. — С. 12—18.
4. **Костин, И. М.** Технико-экономическая оценка грузовых автомобилей при разработке [Текст] / И. М. Костин, Х. А. Фасхиев. Набережные Челны: Изд-во КамПИ, 2002. — 480 с.

gz412.fm Page 45 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

МАТЕРИАЛЫ

УДК 629.113.002.3 + 620.22

Г. М. Волков, д-р техн. наук, проф., МГТУ "МАМИ"
E-mail: recom@list.ru

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТРАДИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рассмотрены потенциальные возможности нанотехнологии для многократного повышения технических характеристик машиностроительных материалов

Ключевые слова: *нанопорошки, моностадийная нанотехнология, фрагментирование, объемные наноматериалы.*

Качество жизни человека во многом зависит от совершенства технических устройств различного назначения. Для создания новой техники необходимы материалы, работоспособные в экстремальных условиях ее эксплуатации. Однако анализ экспериментальных работ по технологии наиболее широко применяемых в машиностроении материалов показывает, что традиционные способы повышения их технических характеристик практически исчерпали свои возможности. Логично предположить, что в обозримом будущем от традиционных технологий производства материалов трудно ожидать революционного изменения уровня потребительских свойств конструкционных материалов.

Предлагаемый подход к созданию машиностроительных материалов нового поколения с техническими характеристиками многократно выше уровня свойств традиционных материалов основан на реализации потенциальных возможностей наноразмерного состояния вещества. Классификация основных направлений технологии объемных наноструктурированных материалов представлена на рис. 1.

Наиболее массовым продуктом нанотехнологии являются нанопорошки, производители которых предпочитают называть их наноматериалами. Однако они являются таковыми только по названию. На самом деле они состоят из дисперсных частиц размером до 100 нм, которые практически никак не связаны между собой. Использовать дисперсные частицы наноразмерного диапазона в качестве конструкционного материала машиностроительного назначения невозможно. Они могут служить только одним из сырьевых компонентов для последующего производства объемного материала, содержащего определенное число наноразмерного наполнителя и пригод-

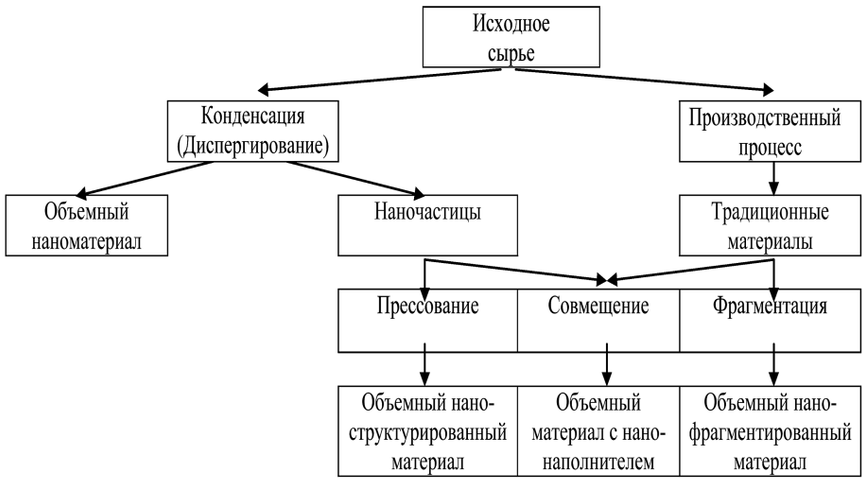


Рис. 1. Технологическая классификация наноструктурированных машиностроительных материалов

gz412.fm Page 46 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

ного для изготовления из него деталей машин, приборов и других технических средств.

Дискретные наночастицы для создания возможности практического использования преимуществ наноразмерного состояния вещества в реальных конструкциях необходимо компактировать в объемный материал. Основные технологические операции консолидации порошкообразного полуфабриката фактически повторяют аналогичные переделы производства композиционных материалов: прессование или совмещение с матрицей.

При уплотнении нанопорошков методом прессования значительная часть прилагаемого усилия тратится на преодоление значительных сил трения между наноразмерными частицами, следствием чего является большая остаточная пористость прессованного нанопорошка. Для повышения плотности прессовок вынуждены использовать высокие статические или динамические нагрузки, что резко усложняет и удорожает аппаратурное оформление процесса.

Технология совмещения дисперсного наполнителя с матрицей состоит из большого числа операций, что резко увеличивает продолжительность и стоимость технологического цикла производства конечного продукта (рис. 2). Это резко удорожает материал, что делает его промышленное применение дискуссионным.

Принципиальным недостатком принятой всеми мировыми производителями многостадийной технологии промышленного производства объемных материалов с добавками наноразмерного наполнителя является разделение в пространстве и во времени технологических процессов получения наночастиц и их компактирования. Они часто выполняются разными предприятиями, что также значительно усложняет организацию производства.

По предлагаемой технологии объемный наноматериал получают путем связывания наночастиц матрицей того же или другого химического состава в едином технологическом процессе. Наноразмерный наполнитель формируется одновременно с матрицей в одном и том же химическом реакторе, т. е. технология является моностадийной: в реактор поступает сырье, а из реактора выходит готовый продукт — объемный наноматериал. Этим предлагаемая технология наноматериала принципиально отличается от принятой в мировой практике традиционно многостадийной технологии компактирования наноразмерного наполнителя.

К наноразмерным принято относить объекты с размерами хотя бы в одном измерении менее 100 нм. Однако верхний предел наноразмерных элементов структуры материала принят равным 100 нм лишь в качестве условного, ничем не обоснованного, классификационного параметра. На самом деле только реальное значение максимальной величины структурных элементов может служить фактической, а не условной границей между микросистемой, характерной для материалов традиционной технологии, и наносистемой. Данный вопрос представляет не только теоретический интерес, но имеет и большое прикладное значение.

В работе теоретически и экспериментально обоснован новый термин — критический диаметр дисперсных частиц вещества или структурных элементов материала, который обозначили как $d_{кр}$ [1].

При размере дисперсных частиц более $d_{кр}$ комплекс физических и химических свойств вещества частиц не отличается от свойств вещества в макрообразце. Свойства вещества дисперсной частицы, так же как и вещества макрообразца, определяются законами классической физики.

При размере дисперсных частиц меньше $d_{кр}$ влияние ненасыщенных связей периферийных атомов на свойства вещества начинает преобладать над влиянием внутренних атомов, т. е. оно приобретает другие свойства, отличающиеся от свойств вещества в макробразце. В данном случае количественная разница в размерах дисперсной частицы переходит в качественное отличие свойств вещества. Дисперсная частица приобретает новое качество: она становится наночастицей. В результате преобладающего влияния свободных валентностей поверхностных атомов в веществе наночастиц формируются квантовые точки и начинают проявляться другие эффекты квантовой механики.

Концепция предлагаемого подхода исходит из гипотезы, что только при размере дискретных структурных элементов менее $d_{кр}$ можно надеяться получить материал со свойствами многократно выше уровня свойств традиционных материалов аналогичного химического состава.

Для экспериментальной проработки теоретических положений выбрали углерод в аллотроп-

gz412.fm Page 47 Wednesday, April 11, 2012 2:08 PM

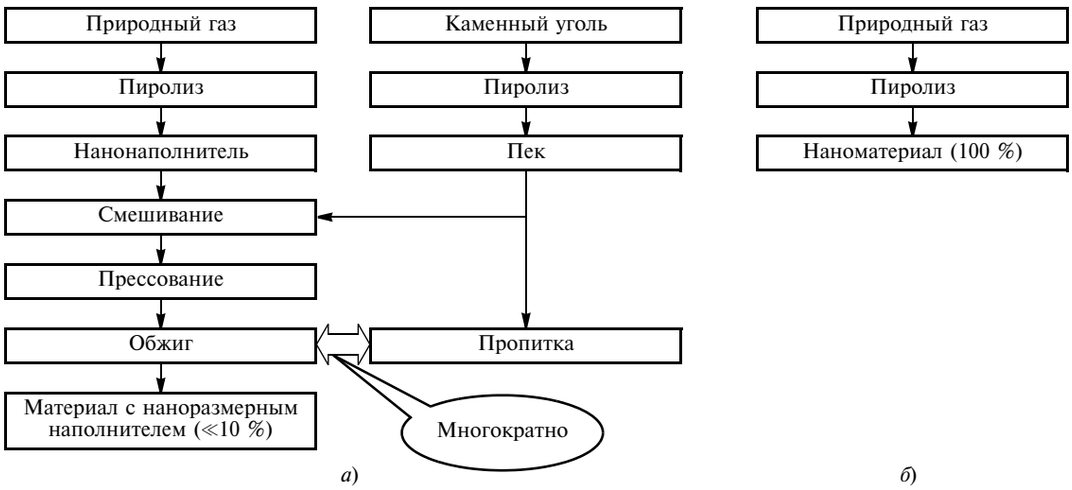


Рис. 2. Технология консолидации наночастиц в объемный материал:

а — традиционная многостадийная технология объемного материала с наноразмерной добавкой; *б* — моностадийная технология объемного наноматериала

ной модификации графита, что представляет значительный научный и практический интерес.

Анализ показал, что влияние на свойства вещества дисперсных частиц силового поля атомов, находящихся внутри частиц, и ненасыщенных связей периферийных атомов достигает равновесия при размере частиц около 10 нм. Средний размер дискретных элементов структуры объемного углеродного наноматериала (BCN) по результатам многолетних испытаний контрольных образцов сдаточных партий производственной продукции составляет 9,2 нм, что удовлетворительно согласуется с теоретическим значением $d_{кр}$.

Структура, технология ее формирования и комплекс свойств BCN превосходят мировой уровень [2].

Свойства BCN многократно превышают достигнутый уровень свойств углеродных конструкционных материалов традиционной технологии: по прочностным показателям — в 3 раза, по коэффициенту трения — в 5 раз, по коэффициенту катодного распыления — в 15 раз, по окислительной стойкости — до 300 раз. Кроме того, он химически и биологически инертен, не проницаем для жидкости и газа, радиационно стоек, а по высокотемпературной удельной прочности превосходит вольфрам.

Промышленная технология BCN отработана в производственных условиях на пластинах, трубах и натурных изделиях с габаритными размерами до 200 мм. Уникальные свойства BCN, подкрепленные возможностью получения крупногабаритных деталей в промышленных масштабах, создали предпосылки для разработки и заводского изготовления изделий современного машиностроения, не имеющих аналогов в мировой практике [3].

Теоретические основы моностадийной технологии объемных наноматериалов, реализованные на модельной системе углерод-углерод, представляют практический интерес для создания широкой гаммы принципиально нового класса объемных наноматериалов со свойствами выше мирового уровня из исходного сырья любого другого химического состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Волков, Г. М.** Технологические проблемы перехода от микро- к наносистемам консолидации дисперсных частиц вещества [Текст] / Г. М. Волков // Нано- и микросистемная техника, 2006. — № 5. — С. 34—37.
2. **Волков, Г. М.** Конструкционные и функциональные свойства углеродного наноматериала индустриальной технологии [Текст] / Г. М. Волков // Сб. тезисов докладов научно-технологических секций Международного форума по нанотехнологиям "Rusnanotech 08". Т. 1, секция 4.3. — М.: РОСНАНО, 2008. — С. 436—438.
3. **Волков, Г. М.** Объемные наноматериалы: учебное пособие [Текст] / Г. М. Волков. М.: КноРус, 2010. — 168 с.

ABSCTRACTS AND ARTICLES

2 *Vigonny A. G., Kniazeva A. N., Baulin S. S., Mitjurich F. P.* Calculation of strength characteristics of drive axle beams, in which axle housings are pressed in the bevel gear housing

This article describes specificities of a construction of drive axle beams, in which axle housings are pressed in the bevel gear housing. It is shown that it is necessary to use complex approach while determination of strength characteristics of such axle beams. An approach, which is proposed in the article, includes finite element analysis of the whole construction and analytical calculation of strength of welded-in rivets. Models and calculation schemes are also described. They allow to take into account all main specificities of the construction under investigation.

Keywords: drive axle beam, interference fit, welded joint, finite element modeling, contact pair, stress-strain state, safety factor

8 *Deev A. A., Kartukov A. G.* Research of the processes of additional emolument of union junction of the engine

A large majority of tribounion junction in particular in the internal combustion engine, work additionally in condition of liquid, bordering and dry friction. In the current part we show the results of experimental researches that show a possibility of using acoustic — emissive for definition of transitional processes in union junction, that let define the moment of destroying of oil covering and prevent undesirable processes of appearing rust wear, that cause some defects.

Keywords: internal combustion engine, union junction, acoustic-emissive

11 *Antipenko V. C., Lebedev C. A., Isaev D. I.* The general technical requirements to systems elektrostarternogo of start-up with the combined sources of the current and recommendations about their use

Efficiency of use of modular starting systems of internal combustion engines with storage batteries of the lowered electrocapacity is shown.

Keywords: start-up system, the storage battery, the modular principle, the combined source of a curren

13 *Ryabov I. M., Chernyshov K. V., Zalimhanov T. B., Abdullaev M. Sh.* Increase of active safety of buses of especially small capacity in system the driver — the car — road — environment — passengers by means of the information device

The design procedure of potentially dangerous placing of passengers in salon of the minibus is resulted, worsening its cross-section stability and the description of the offered information device of the driver is given.

Keywords: cross-section stability, placing of passengers in salon, the information device

19 *Olenin L. D.* Manufacturing of exact preparations without waste under cold expression of details of an autostructure

In work the concept of the production technology of exact preparations without waste, including under cold expression in which basis division of hire without waste fragile in a combination with one-transitive lies or disembarkation of heads of the increased volume is stated, data on workings out and achievements in this area are resulted. On the basis of experience of development of cold expression of products of an autostructure is minimum necessary and sufficient requirements to preparations for the subsequent cold expression of products of the difficult form with deep cavities are formulated.

Keywords: precise cold forging, waste less forming technology, precise workpieces, waste less cutting, upsetting and heading, seizing, cold extrusion technology, die cavity, plastic deformation, strained material, deep cavity, piercing, piercing punch, straining, forming, die life, precise articles, cutting of bars, precise work pieces

24 *Egorov V. A., Krasnov J. A., Rementsov A. N.* Estimation of a regular error at the reliability analysis with using results of not completed car units tests

The method of the reliability analysis of car's details and units by using information about terms of details operation from the moment of installation on the car till the moment of data gathering (yet not given up details) is described.

The estimation of a mistake of an offered method is lead, seasonal influence on resultant function is analysed.

Keywords: statistika, test, accumulator, errors, method

31 *Gorin S. L., Kharlamov P. V.* About improvements of quality of dynamic balancing of the automobile wheel with the wide-profile tire

The drop technique vibration wheel with the wide-profile tire by optimization of seating of the tire concerning a wheel disk that allows to lower weights counterbalancing cargo at performance of balancing of an automobile wheel is presented.

Keywords: an automobile wheel, an unbalance an equilibration, an automobile tire, counterbalancing cargo

34 *Filippov A. G., Yanchevsky V. A.* The name of article: Technical and economic aspects of the application on cars the autonomous liquid heaters

In winter, low air temperatures negatively influence on the car and the man. Therefore needed a device allowing to exclude or reduce this influence, regardless of the location of the vehicle. Such the device is the autonomous liquid heater of car. However, the relatively high cost of purchasing and installing device limits its wide application. Change of such situation can only be when there is sufficient economic effect from the use of the autonomous liquid heater, which can be determined using the method presented in this article.

Keywords: low temperature, thermal preparation, the autonomous liquid heater of car, the expediency of installing

40 *Faskhiev Kh. A., Krakhmaleva A. B.* Check of conformity of the price of the cargo the car to level of its consumer properties

The technique of revealing of conformity of the declared price of the goods to level of its consumer properties is resulted. The given estimation is made for the goods of consumer character on the basis of revealing of dependence of their price from a degree of quality of the goods-analogs. For the goods of investment appointment dependences of pure current cost on the price on which the analysis of conformity of the prices of the compared goods to level of their economic efficiency is made are under construction.

Keywords: the goods, the price, consumer properties, quality, economic efficiency, pure current cost, truck

45 *Volkov G. M.* Alternative Technology of Traditional Materials for Constructional Purposes

Potential possibilities of nanotechnology for repeatedly increasing of technical characteristics of machine-building materials are considered.

Keywords: nanopowders, monostage nanotechnology, fragmentation, bulk nanomaterials

Художественный редактор *Т. Н. Галицына.* Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Л. И. Сажина*

Подписано в печать 09.04.2012. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5.88. Уч.-изд. л. 6,57.

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