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

Учредитель
ООО "Издательство машиностроение"

Зам. главного редактора
И. А. Хороманская

Редакционный совет

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

Корпункты:
в Республике Беларусь
(г. Минск), Я. Е. Карповский
Тел.: (10-375-17), 246-10-33, 217-90-38
в Украине (г. Харьков),
В. Г. Дьяченко
Тел. (10-380-572) 707-68-48

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

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

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

© ООО "Издательство Машиностроение",
"Грузовик", 2009
Перепечатка материалов из журнала "Грузовик" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал "Грузовик" обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

Грузовик
с приложением

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал
Выпускается с 1996 г.

В НОМЕРЕ

Конструкция

2 *Рябов И. М., Новиков В. В., Чернышов К. В., Гасанов М. М., Абдуллаев М. Ш., Гечекбаев Ш. Д.* Оценка вибронагруженности водителя и пассажиров маршрутного такси ГАЗ-322132 с учетом условий эксплуатации

Эксплуатация. Ремонт

6 *Синельников А. Ф.* Автомобильные кузовные материалы, аварийные нагрузки и деформации, технология и оборудование для восстановления прочностных и геометрических параметров кузовов и кабин

Исследование. Расчет

17 *Назаров А. Д.* Общая методика определения и выбора монтажных зазоров в сопряжениях деталей цилиндропоршневой группы двигателей

Технология

20 *Шатилов А. А., Ли А. А., Сережкин М. А.* Автоматизированная система "Анализ центрирующего зажимного механизма кулачковых пневматических однорядных оправок"

Надежность

25 *Козловский В. Н., Малеев Р. А.* Надежность электрооборудования легкового автомобиля — исторический аспект

Экология

27 *Марков В. А.* Токсичность отработавших газов дизелей и возможности ее снижения

Информация

26 *Вести* с АЗ "УРАЛ"

42 *Дербаремдикер А. Д., Иванова Т. С.* Первичная классификация аэромобилей и условные оценки их эффективности

48 *Contents*

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

8 '2009 (№ 157)

И. М. Рябов,
В. В. Новиков,
д-ра техн. наук,
К. В. Чернышов,
канд. техн. наук,
ВолгГТУ;
М. М. Гасанов,
М. Ш. Абдуллаев,
доц.,
Ш. Д. Гечекбаев,
ст. препод.,
Махачкалинский
филиал МАДИ

Оценка вибронагруженности водителя и пассажиров маршрутного такси ГАЗ-322132 с учетом условий эксплуатации

Дана оценка вибронагруженности водителя и пассажиров маршрутного такси с учетом условий эксплуатации по разработанной авторами методике. Оценка проведена с использованием полученных авторами собственных частот колебаний подвески маршрутного такси.

Ключевые слова: *маршрутное такси, плавность хода, нормы плавности хода.*

В процессе эксплуатации маршрутных такси (МТ) на водителя и пассажиров действует вибрация, главной причиной возникновения которой является взаимодействие колес с неровностями дороги. Длительно действующая вибрация, превышающая установленные нормы, оказывает вредное влияние на функциональное и физиологическое состояние водителя, что приводит к снижению безопасности движения, и воздействует на пассажиров. Поэтому оценка вибронагруженности водителя и пассажиров в типичных условиях эксплуатации МТ представляет несомненный интерес.

Ходовая часть и подвеска МТ семейства "ГАЗель" практически такая же, как у грузового аналога (нерегулируемая на полуэллиптических листовых рессорах, задняя ось имеет сдвоенные колеса). Стабилизаторы поперечной устойчивости устанавливаются только на заказ лишь на заднем мосту и, как правило, отсутствуют. В связи с этим вибронагруженность водителя и пассажиров в некоторых условиях эксплуатации МТ может превышать допустимые нормы и ее оценка представляет интерес.

Действие вибрации на организм человека определяется следующими характеристиками: интенсивностью, спектральным составом, длительностью воздействия и направлением действия. Первые две характеристики зависят от микропрофиля дорожного покрытия, виброзащитных свойств подвески, шин и скорости движения. По направлению воздействия различают вертикальные и горизонтальные колебания. При эксплуатации МТ в городских условиях на асфальтированных дорогах определяющее влияние на вибронагруженность водителя и пассажиров имеют вертикальные колебания вследствие достаточно низкого расположения центра масс и значительной базы автомобиля ГАЗ-322132. Длительность воздействия вибрации на водителя определяется режимом его работы. Время поездки пассажиров и скорость движения МТ меняются случайным образом, особенно при эксплуатации МТ на городских маршрутах, что затрудняет оценку вибронагруженности.

Согласно действующему в настоящее время ГОСТ 12.1.012—90 при общей транспортной вибрации и длительности воздействия 8 ч установлено интегральное значение вертикальных средних квадратических ускорений: $[\sigma_{\ddot{z}}] = 0{,}56$ м/с^2. Это же значение по стандарту ИСО 2631—74 соответствует допустимому для водителя транспортного средства вибрационному воздействию — уровню обеспечения производительной работы.

Для оценки вибронагруженности пассажиров необходимо использовать более жесткую норму — уровень обеспечения комфорта, который меньше в 3,15 раза ($[\sigma_{\ddot{z}}] = 0{,}18$ м/с^2).

Рассмотрим пример известной оценки вибронагруженности водителя и пассажиров автобуса ЛиАЗ-5256, который имеет более мягкую подвеску и более высокую плавность хода, чем микроавтобус "ГАЗель". В табл. 1 приведены экспериментальные интегральные значения средних квадратических вертикальных виброускорений на сиденьях.

Таблица 1

Интегральные значения средних квадратических вертикальных виброускорений на сиденьях автобуса ЛиАЗ-5256

Дорожное покрытие	Скорость движения, км/ч	Ускорение на сиденьи водителя, м/с^2*	Ускорение на сиденьях (м/с^2)*, расположенных		
			над передней подвеской	над задней подвеской	на заднем свесе
Асфальт	40—42 79—85	1,04/0,56 1,47/0,97	0,93/0,48 1,09/0,78	0,42/0,3 0,58/0,37	0,86/0,75 1,86/1,05

* В числителе даны значения для снаряженного автобуса, в знаменателе — при нормальной нагрузке 5 чел/м^2.

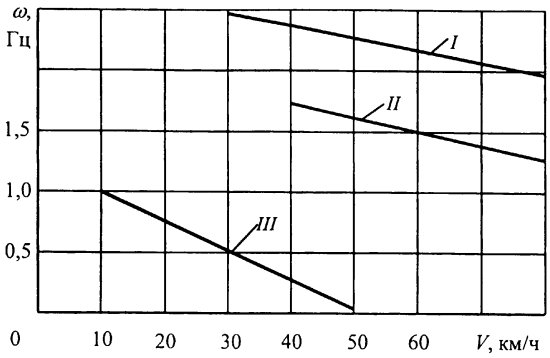


Рис. 1. Зависимости граничных собственных частот подвески автомобиля, удовлетворяющих норме ИСО (8 ч воздействия), от различных скоростей движения и дорог:

I — цементобетонная; II — асфальт; III — разбитая грунтовая дорога

Сравнение данных табл. 1 с нормой обеспечения комфорта $[\sigma_{\ddot{z}}] = 0{,}18$ м/с^2 показывает, что эта норма для пассажиров не соблюдается при установленных скоростях движения и длительности воздействия 8 ч. Норма для водителя соблюдается только в случае движения с небольшой скоростью (40—42 км/ч) и при нормальной нагрузке. При большой скорости, а также снижении нагрузки норма для водителя не соблюдается.

Недостатком представленной выше оценки вибронагруженности является то, что она выполнена для узкого интервала скоростей и не учитывает условий эксплуатации, т. е. реальное время движения автобуса на различных скоростях. Поэтому была разработана новая методика оценки.

Основу новой методики составляет разработанный с использованием методов статистической динамики алгоритм синтеза граничных по нормам вибронагруженности передаточных функций подвески автомобиля для различных условий движения [1]. С помощью этого алгоритма определены граничные (максимальные по нормам ИСО) собственные частоты колебаний подвески автомобиля для различных дорог и скоростей движения (рис. 1). Таким образом, данную методику можно использовать для оценки вибронагруженности водителя и пассажиров автомобиля по собственным частотам колебаний его передней и задней подвесок, которые легко определить экспериментально, например путем принудительной раскачки собственно передней и задней частей кузова и измерения периода нескольких полных колебаний секундомером.

На приведенном графике (рис. 1) изображены зависимости граничных собственных частот колебаний подвески транспортного средства от скорости движения только для одной нормы плавности хода (снижение производительности от усталости) и для одного времени движения (8 ч). Для времени воздействия колебаний меньше 8 ч нормы вибронагруженности человека определяются по следующей зависимости [2]:

$$[\sigma_{\ddot{z}}]_t = [\sigma_{\ddot{z}}]_{8\ \text{ч}} \sqrt{8/\text{t}}\,. \qquad (1)$$

Поэтому следует определить указанные зависимости для различных времени движения и норм вибронагруженности. Обозначим n коэффициент, учитывающий вид нормы относительно основной нормы — снижение производительности от усталости, которая используется для водителя МТ ($n = 1$). Для нормы комфорта $n = 3{,}15$ (для пассажиров), а для нормы вибрации, вредные для здоровья $n = 0{,}5$. Последняя норма для МТ не используется.

Тогда передаточная функция подвески, удовлетворяющая норме

$$\left|\frac{\ddot{z}}{q}(\omega)\right| = \sqrt{\frac{S_{j[\ddot{z}]}\omega}{nS_{iq}(\omega, a)}}, \qquad (2)$$

где $S_{iq}(\omega, a)$ — спектр i-го микропрофиля дороги (в литературе имеются таблицы для данного спектра); $S_{j[\ddot{z}]}(\omega)$ — спектр санитарной нормы вибрации, переносимой телом человека (рассчитывается по нормам, например ИСО).

Для нахождения граничной частоты собственных колебаний подвески автобуса передаточная функция ускорений $\frac{\ddot{z}}{q}(\omega)$ подвески преобразуется в передаточную функцию перемещений $\frac{z}{q}(\omega)$ подвески путем деления первой на ω^2. Затем определяется частота ω^* в характерной точке, соответствующей значению относительной амплитуды $\frac{[z]}{q}(\omega^*) = 1$. По этой частоте находится граничная частота собственных колебаний кузова автобуса при времени воздействия колебаний 8 ч:

$$\omega_{0_{8\,ч}} = \frac{\omega^*_{8\,ч}}{\sqrt{2}}. \qquad (3)$$

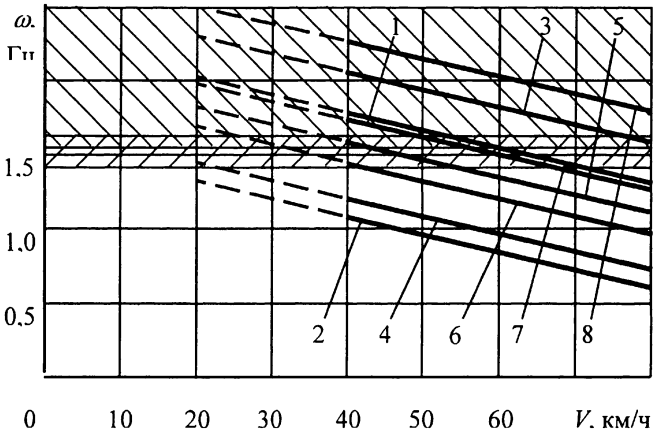


Рис. 2. Номограммы зависимости граничных по нормам вибронагруженности ИСО для водителя и пассажиров частот собственных колебаний подвески микроавтобуса ГАЗ-32213 от скорости движения при различном времени движения по асфальту:

1, 2 — соответственно при основной норме и норме комфорта дл 8 ч движения; 3, 4 — то же для 4 ч движения; 5 — при основной норме для 12 ч; 6—8 — при норме комфорта соответственно для 2 ч, для 1 ч, для 30 мин. Узкая заштрихованная зона соответствует изменению частот собственных частот колебаний передней подвески при порожнем и полностью нагруженном МТ (1,42—1,61 Гц); широкая заштрихованная зона — изменению частот собственных колебаний задней подвески при порожнем и полностью нагруженном МТ (1,54—2,00 Гц)

Таблица 2

Значения экспериментально определенных частот собственных колебаний подвески и кузова для МТ ГАЗ-322132

Микроавтобус	Частота собственных колебаний, Гц		
	передней подвески	задней подвески	кузова
Порожний	1,61	1,92	1,29
Полностью нагруженный	1,42	1,54	0,93
С 6 пассажирами в задней части	1,60	1,66	1,08
С 5 пассажирами в передней части	1,42	2,00	1,06
С 7 пассажирами справа	1,45	1,70	1,03
С 6 пассажирами слева	1,54	1,70	1,10

Для определения граничной частоты собственных колебаний кузова при использовании другого вида нормы необходимо исходную частоту в характерной точке для основной нормы разделить на $\sqrt{2n}$:

$$\omega_{0_n} = \frac{\omega_{0_{8ч}}}{\sqrt{n}} = \frac{\omega^*_{8ч}}{\sqrt{2n}}, \qquad (4)$$

а для другого времени t действия частота колебаний в характерной точке

$$\omega^*_t = \omega^*_{8ч}\sqrt[4]{\frac{8}{t}}. \qquad (5)$$

Для нахождения собственной частоты колебаний необходимо полученную частоту разделить на $\sqrt{2}$. Используя формулы (3)—(5), построим номограммы зависимости граничных частот собственных колебаний кузова МТ от скорости движения для различных видов норм и времени движения (рис. 2).

Для оценки вибронагруженности водителя и пассажиров микроавтобуса ГАЗ-322132 (по полученным номограммам) были экспериментально определены (путем раскачки) значения частот собственных колебаний передней подвески, задней подвески и поперечных колебаний кузова. Испытывался практически новый микроавтобус с нормативным давлением в шинах на горизонтальной площадке при различных наполнении салона и размещении в нем пассажиров. В процессе испытаний водитель постоянно находился на рабочем месте. Вместимость микроавтобуса 13 человек. Полученные результаты приведены в табл. 2.

По этим результатам можно сделать следующие предварительные выводы. Частота собственных вертикальных колебаний передней подвески кузова изменяется мало (1,42—1,61 Гц), а задней — существенно

Таблица 3

Распределение скорости движения МТ на маршруте № 77 г. Волгограда

Скорость, км/ч	20	30	40	50	60	70	80
Частость	0,03	0,14	0,19	0,30	0,22	0,09	0,03

(1,54—2,00 Гц). Частота собственных поперечных колебаний мало зависит от размещения пассажиров (0,93—1,10 Гц) и значительно ниже частоты собственных вертикальных колебаний передней и задней подвесок. Известно, что для обеспечения хорошей устойчивости при крутых поворотах частота собственных поперечных колебаний кузова должна быть в 1,2—1,8 раза выше частоты его собственных вертикальных колебаний. Поэтому для повышения безопасности МТ при выполнении маневров необходима не добровольная по заказу, а обязательная установка стабилизаторов поперечной устойчивости на МТ для увеличения угловой жесткости подвески в 3 раза.

На номограмме (см. рис. 2) полученные диапазоны изменения собственных частот колебаний передней и задней подвесок ГАЗ-322132 изображены в виде заштрихованных в разные стороны областей.

Из рис. 2 видно, что с уменьшением времени движения нормы вибронагруженности повышаются, а с увеличением — снижаются.

Результаты экспериментального исследования времени движения МТ на различных скоростях на реальном маршруте (общее время движения 8 ч) приведены в табл. 3.

Точки пересечения наклонных линий 1, 3—5 с линиями, параллельными оси абсцисс (см. рис. 2), соответствующими частотам собственных колебаний передней подвески МТ при различной его нагрузке (узкая заштрихованная зона 1,42—1,61 Гц), определяют граничные скорости движения, при которых еще соблюдаются нормы вибронагруженности водителя. Из рис. 2 видно, что точки пересечения линии 1 с границами узкой заштрихованной зоны соответствуют скоростям движения МТ 52 и 70 км/ч. Следовательно, нормы вибронагруженности водителя не будут соблюдаться (для времени движения 8 ч) при скоростях движения свыше 52 км/ч для порожнего МТ и свыше 70 км/ч для полностью загруженного МТ. Но из табл. 2 следует, что с такими скоростями движения на городском маршруте МТ движется не более 34 % общего времени движения (0,22 + 0,09 + 0,03), т. е. не более 4 ч. Этому времени соответствует линия 3, показывающая, что норма вибронагруженности водителя будет соблюдаться во всем диапазоне скоростей движения до скорости 80 км/ч.

Нормы комфорта для пассажиров (линии 7, 8) соблюдаются во всем диапазоне эксплуатационных скоростей движения в городе, если время движения не превышает 1 ч.

Таким образом, можно сделать вывод, что в городских условиях эксплуатации МТ ГАЗ-322132 водитель должен иметь отдых через каждые 4 ч работы, тогда его вибронагруженность не превысит нормы. Для пассажиров норма вибронагруженности также соблюдается, если время их движения не превосходит 1 ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Новиков, В. В.** Синтез параметров подвески АТС по граничным передаточным функциям для различных условий движения [Текст] / В. В. Новиков, И. М. Рябов // Справочник. Инженерный журнал. — 2005. — № 1. — С. 56—58.
2. **Вибрации в технике:** Справочник в 6 т. Т. 6. Защита от вибраций и ударов. Под ред. К. В. Фролова [Текст]. — М.: Машиностроение, 1981. — 456 с.

С 2010 г. "Группа ГАЗ" предложит рынку полную линейку новых автомобилей ГАЗель-Плюс экологического стандарта Евро-3 и Евро-4, включая маршрутное такси

С 1 января 2008 г. автомобили ГАЗель производства Горьковского автозавода оснащаются двигателями стандарта Евро-3 в соответствии с регламентом Правительства РФ об экологической безопасности транспортных средств. Все автомобили марки ГАЗ оснащены новыми системами нейтрализации выпусков отработавших газов и улавливания паров топлива, модернизированным электробензонасосом, топливной системой с установкой дополнительных элементов (адсорбер, клапан давления и т. д.). Кроме того, "Группа ГАЗ" провела все необходимые испытания двигателей собственного производства УМЗ, которыми с 2009 г. оснащаются ГАЗели, по доведению до норм Евро-4. С 2010 г. "Группа ГАЗ" предложит рынку полную линейку автомобилей ГАЗель-Плюс нового поколения экологического стандарта Евро-3 и Евро-4, включая маршрутное такси.

А. Ф. Синельников,
канд. техн. наук

Автомобильные кузовные материалы, аварийные нагрузки и деформации, технология и оборудование для восстановления прочностных и геометрических параметров кузовов и кабин

(Продолжение. Начало см. в журнале "Грузовик" № 7, 2009)

Приведены кузовные материалы, используемые при изготовлении современных автомобилей отечественного и зарубежного производства. Дана характеристика основным видам столкновений автомобилей, определены аварийные нагрузки и деформации элементов кузовов в зависимости от скорости движения автомобиля. Представлены современные технология и оборудование для восстановления прочностных и геометрических параметров автомобильных кузовов и кабин. Изложена методика нормирования ремонтных работ на кузовах, кабинах и облицовке автомобилей.

Ключевые слова: *кузов автомобиля, материалы, аварийные нагрузки, аварийные деформации, восстановление кузова, оборудование ремонтное, нормативы времени.*

Технология ремонта и оборудование

Применение новых материалов и более высокая степень автоматизации при изготовлении кузовов вызвали к жизни новые методы ремонта, более совершенные инструменты и оборудование и повышенные требования к организации работ для всего комплекса послеаварийного ремонта.

Если заводские детали кузова почти не имеют напряжений, то и после ремонта в них не должно быть пиков напряжений. Но это возможно только в том случае, если вид и способ соединения при ремонте выбраны такими, которые обеспечивают создание нового силового потока в конструкции восстановленного кузова, соответствующего первоначальному.

При устранении мелких и средних повреждений, которые носят характер вмятин различной формы и размеров без нарушения целостности металла видовых панелей (крылья, двери, пороги, арки и т. п.), достаточно восстановить их первоначальную геометрию[1].

При наличии сильных повреждений, при которых требуется большую часть деталей заменить или выполнить сложный ремонт, производят вытяжку и правку кузова с использованием силовых устройств или заменяют поврежденные части кузова блоками деталей.

Установка для ремонта и контроля кузова (рис. 7) используется при выполнении особо сложного ремонта и относится к ряду рамных систем, служащих устройствами для фиксации автомобиля, позволяющими создавать одновременно несколько тяговых усилий в различных направлениях.

Установка представляет собой сварную рамную конструкцию, снабженную поворотными колесами для удобства транспортировки, массой 560 кг. На верхней поверхности рамы монтируются съемные кронштейны 1—6, которые копируют базовые точки геометрических параметров основания кузова. Совпадение отверстий опорных кронштейнов 1—6 с соответствующими точками лонжеронов и пола кузова свидетельствует о правильном геометрическом расположении точек крепления узлов шасси автомобиля.

На боковых поверхностях рамы 7 смонтированы регулируемые по высоте

[1] Технологию восстановления таких поверхностей декоративных панелей кузовов, кабин и облицовки с использованием современного сварочного оборудования "споттер" и технологии "Glue puller" см. в журнале "Грузовик &", № 3, 2006 г.

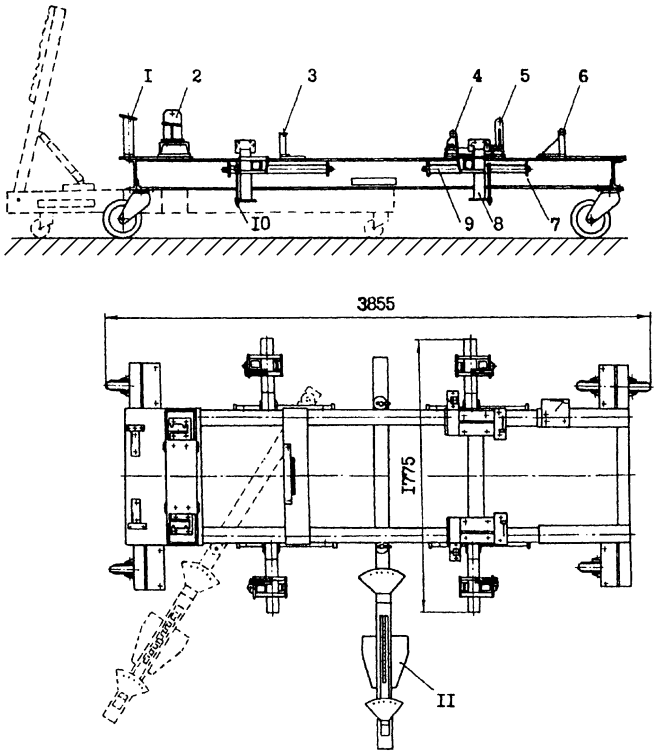


Рис. 7. Установка для ремонта и контроля кузова аварийного автомобиля

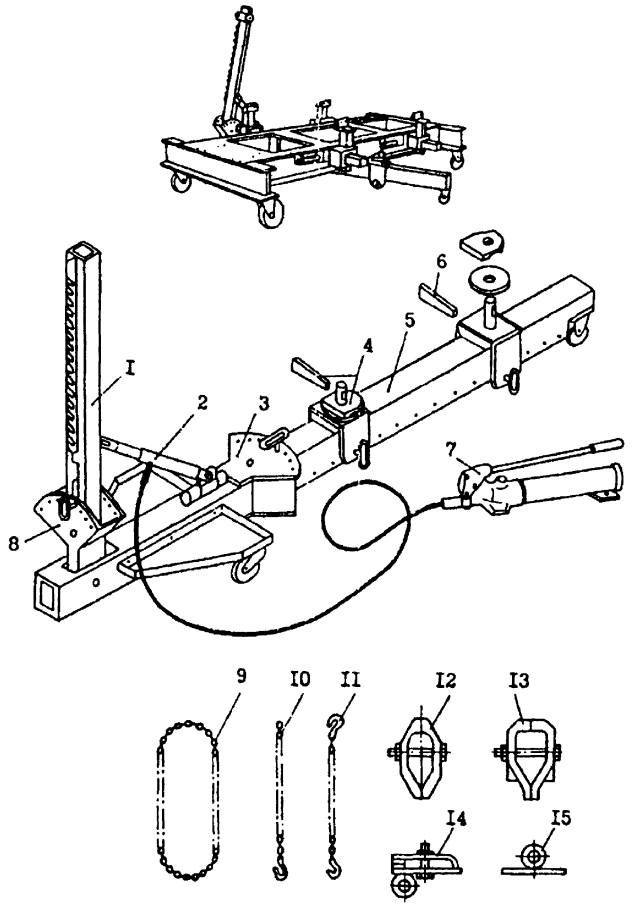


Рис. 8. Силовое устройство для правки кузовов аварийных автомобилей

и наклону стойки 8 с зажимными приспособлениями, которые закрепляются за пороги кузова. Угол наклона стоек регулируется при помощи эксцентриковых валов 9, а высота стоек — с помощью регулировочных винтов 10.

Устройство для правки кузовов (рис. 8) представляет собой трехшарнирный силовой рычаг. Рабочий ход силового рычага 1 осуществляется гидравлическим устройством, состоящим из гидронасоса 7 и гидроцилиндра 2. Угол наклона рычага от вертикального положения в серьге 8 может быть выбран в любую сторону в пределах ± 45°. Поворотная балка может быть также повернута вправо или влево по горизонтали на угол ± 45° относительно основной балки 5. Серьга 8 и балка 3 имеют по семь отверстий, позволяющих ступенчато фиксировать рычаг и поворотную балку в наиболее удобных положениях для приложения растягивающих усилий относительно деформированного участка кузова.

Устройство для правки кузовов (рис. 8) крепится к установке для ремонта и контроля (см. рис. 7) и образует комплекс (рис. 9), позволяющий устранять аварийные повреждения и восстанавливать правильные формы кузова. Крепление устройства 11 (см. рис. 7) за раму 7 установки осуществляется в любых точках установки в зависимости от направления полученных повреждений с помощью зажимных приспособлений 4 (см. рис. 8) за нижние полки (поперечных или продольных) балок рамы.

Последовательность правки кузовов на данном комплексе следующая:

— аварийный кузов автомобиля устанавливают на опорные кронштейны неповрежденной части кузова и закрепляют за пороги на установке (см. рис. 7);

— определив зону выполнения работ и направление приложения растягивающих усилий, под установку (см. рис. 7) подкатывают устройство (см. рис. 8) и закрепляют его за раму клиньями 6 зажимных приспособлений;

— устанавливают и фиксируют силовой рычаг 1 и поворотную балку 3 стопорами в требуемом положении;

— соединяют при помощи набора цепей 9—11, зажимов 12—14 и захва-

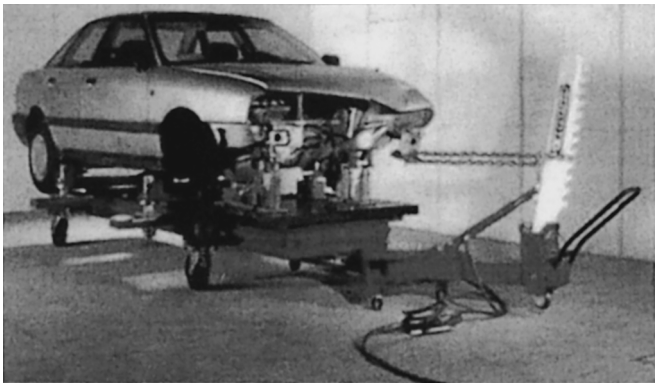


Рис. 9. Комплекс для восстановления геометрической формы кузова автомобиля

тывающих приспособлений 15 рычаг 1 с деформированными деталями кузова в местах приложения усилий для правки;

— осуществляют рабочий ход рычага 1 с помощью гидронасоса 7 и силового гидроцилиндра 2.

Преимуществами данного комплекса является то, что он позволяет восстанавливать кузов со значительными нарушениями геометрических параметров по проемам и основанию кузова, полученными в результате опрокидывания, лобового столкновения и других столкновений, вызвавших наиболее разрушительные повреждения; быстро и точно определять перекосы кузова и устранять их до точности параметров, заданных заводом-изготовителем; иметь свободный доступ ко всем базовым точкам основания кузова в процессе ремонта и править деформированные части в любом из направлений вокруг всего кузова; выполнять ремонтно-восстановительные работы для поврежденных деталей с наименьшими трудозатратами и снизить расход металла за счет сокращения расходов на покупку кузовных деталей в качестве запасных частей.

Таблица 6

Основные данные устройства для правки кузовов легковых автомобилей

Наименование	Значение, характеристика
Тип	Сварной трехшарнирный с гидроприводом
Максимальное усилие растяжения, кН	75
Рабочий ход штока силового цилиндра, мм	120
Диаметр силового цилиндра, мм	40
Перемещение штока силового цилиндра за один рабочий ход насоса, мм	1,4
Максимальное давление, создаваемое насосом, МПа	60
Максимальное усилие на рукоятке насоса, Н	400
Емкость масляного бака, см^3	700
Угол поворота стрелы, °	±45
Угол поворота поворотной балки, °	±45
Габаритные размеры, мм	3095 × 728 × 1800
Масса, кг	265

Правка кузовов на стендах, создающих силовое воздействие гидравлическими устройствами и передающих его посредством растяжных цепей, возможна при соблюдении следующих условий:

- угол правки должен быть противоположен углу, образованному в результате удара, цепи должны быть расположены перпендикулярно поврежденной зоне;
- угол, образованный местом расположения гидроцилиндра внутри цепей, с обеих сторон должен быть симметричным и угол между гидроцилиндром и базой крепления цепей (рис. 10, *а*) должен быть в пределах 30—60°. Тогда при $a = b = c$ усилия $F_1 = F_2 = F_c$.

Если $b < c$ (рис. 10, *б*), то $F_2 = F_0 b/c$ и $F_2 < F_c$. В том случае, если $a \approx c$, то $F_1 \approx F_c$;

- угол, образованный натянутой цепью, должен во всех случаях быть близким к прямому. Тупой угол не обеспечивает точности направления правки,

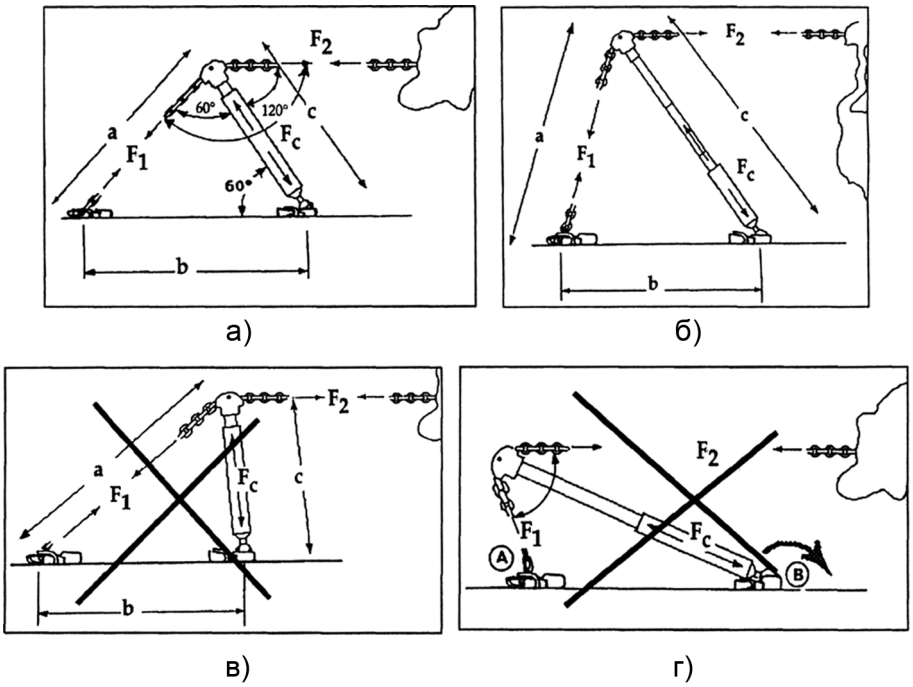


Рис. 10. Условия возможной правки кузова

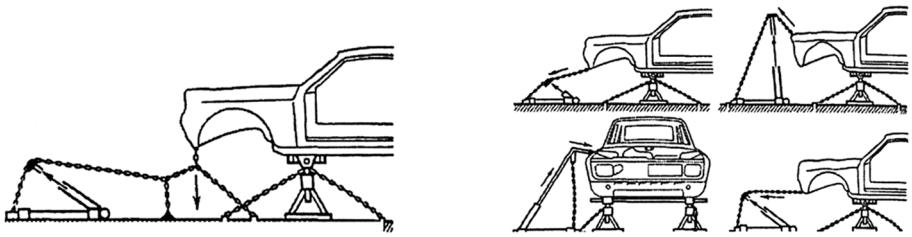


Рис. 11. Схемы установки силовых устройств в рабочее положение при правке кузовов аварийных автомобилей

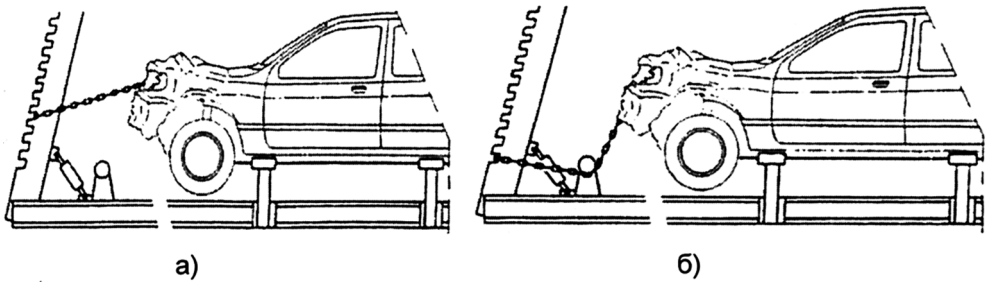


Рис. 12. Схемы установки силовых цепей в рабочее положение при правке кузова:

а — неправильная; б — правильная

а острый ограничивает ход штока гидроцилиндра. При расположении цепей, как показано на рис. 10, в и г, усилие $F_1 > F_2$ и процесс правки не происходит;

- процесс вытяжки или растяжки поврежденных элементов кузова должен начинаться с минимального хода гидравлического устройства, чтобы полностью использовать усилие и максимальную длину хода гидроцилиндра.

На рис. 11 показаны схемы установки гидравлических устройств в рабочее положение при правке деформированных кузовов автомобилей.

Столкновение автомобиля с препятствием может привести к тому, что элементы кузова или кабины сместятся не только в горизонтальном, но и в вертикальном направлении. В такой ситуации сохраняет силу основное правило, которое должно постоянно соблюдаться при восстановлении формы деформированного кузова: угол, под которым следует производить вытяжку кузова, должен быть равен углу, под которым был направлен удар при столкновении. Реализовать этот принцип с помощью устройства для восстановления формы, непосредственно установленного на стенд для правки, часто не представляется возможным, и в таких случаях на стенде монтируют дополнительное приспособление в виде направляющего ролика (рис. 12). Перемещение зоны деформации по круговой траектории, т. е. одновременно в вертикальном и горизонтальном направлениях, осуществляется благодаря направляющему ролику, который входит в состав оснастки стенда и может быть установлен в требуемое положение.

При фронтальных столкновениях автомобилей часто повреждаются лонжероны кузова. Деформирование кузова при столкновении сопровождается одномоментным смещением точек А и Б (рис. 13, *а*), принадлежащих лонжеронам. В том случае, если средняя часть кузова деформирована больше, чем крылья, концы лонжеронов могут быть смещены к середине балки переднего моста. В таких ситуациях правка обоих лонжеронов должна выполняться одномоментной вытяжкой, т. е. в один прием. Для вытяжки можно использовать либо два независимо действующих растягивающих устройства, либо специальное приспособление с распорным устройством (рис. 13, б).

По расстоянию между лонжеронами определяют длину распорной балки, они должны точно соответствовать друг другу. Тяговую цепь пропускают через приспособление для правки и между ветвями цепи, а затем закрепляют распорную балку. Для того чтобы при правке усилия в продольном и поперечном направлениях были равномерны, распорную балку следует закрепить на расстоянии от стяжных скоб, равном примерно 2/3 длины ветви цепи.

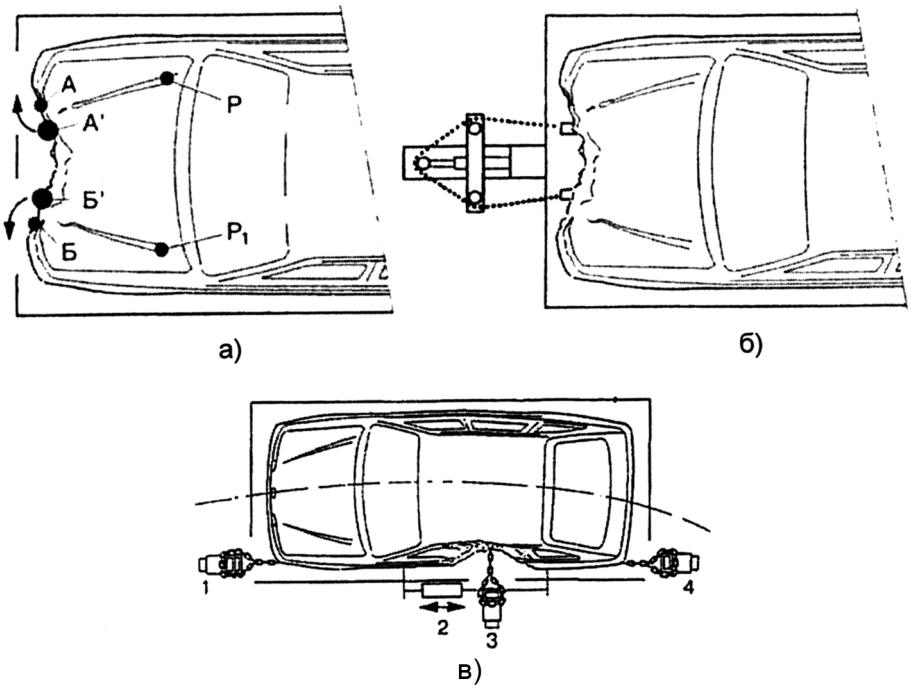


Рис. 13. Правка лонжеронов кузова и кузова при боковых повреждениях автомобиля:

а — схема аварийных деформаций лонжеронов и последовательность их устранения; б — схема установки распорной балки; в — схема правки кузова при боковых повреждениях

Описываемый процесс правки лонжеронов изображен на рис. 13, а. Точки А′ и Б′, расположенные на концах деформированных лонжеронов кузова, следует сместить вперед и вбок, пока они не займут соответственно положения А и Б. Благодаря применению распорной балки восстанавливаемые точки опишут относительно осей поворота P и P_1 аналогичную траекторию, что и при аварийном деформировании кузова.

При боковых повреждениях кузова автомобиля сторона, по которой был нанесен удар, как правило, бывает вогнутой, а противоположная сторона, напротив, выпуклой. Устранение деформаций кузова из-за бокового удара, вызвавшего деформацию основания и приведшего к уменьшению длины кузова с поврежденной стороны, осуществляют одновременной растяжкой в двух направлениях: боковом и продольном. Для того чтобы восстановить такой кузов, следует воспользоваться тремя растягивающими цепями и одним силовым гидроцилиндром (рис. 13, в). Два растягивающих устройства 1 и 4 устанавливают по углам кузова с деформированной стороны, чтобы восстановить первоначальную длину кузова. Третье растягивающее устройство 3 устанавливают в месте наиболее глубокого вдавливания кузова. Гидроцилиндр 2 жестко присоединяют к порогу кузова. Благодаря синхронной работе всех трех растягивающих цепей и гидроцилиндра восстанавливаются как длина кузова, так и точное положение продольной оси автомобиля.

Правку, производимую с помощью силовых устройств, применяют обычно для восстановления формы или выпрямления деформированных элементов кузова. Однако при резкой правке детали кузова может произойти деформация соседней недеформированной зоны. Поэтому рекомендуется при восстановлении линейности панелей процесс растяжения одновременно сопровождать выстукиванием складок.

После окончания вытяжки силовым устройством необходимо снять все внутренние напряжения посредством рихтования всего участка, подвергшегося правке, с помощью кувалды или рихтовочного молотка. Чтобы не произошло обратных перемещений, обусловленных остаточными напряжениями, производят рихтование выправленной поверхности в направлении удара. Если выправленный кузов не изменяет своей геометрической формы, то операция выполнена правильно. В противном случае следует вновь провести правку до получения приемлемых геометрических показателей.

После устранения всех деформаций кузова осуществляют проверку контрольных точек основания, а также геометрии каркаса, которые должны соответствовать требованиям завода-изготовителя (рис. 14).

Аварийные повреждения части кузова можно устранять способом замены поврежденных элементов установкой ремонтных деталей. Данный способ предусматривает замену деталей только в случае, если поврежденные детали неремонтопригодны, т. е. если их

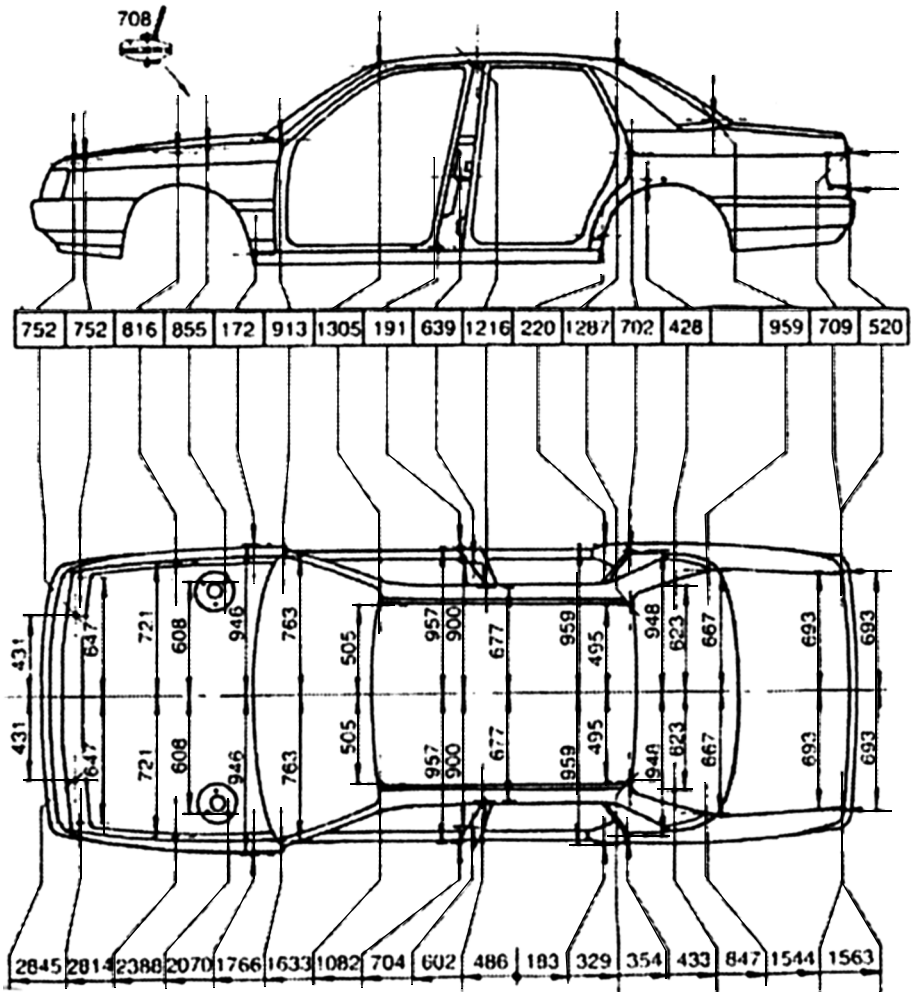


Рис. 14. Размеры для проверки контрольных точек основания и каркаса кузова легкового автомобиля

невозможно восстановить правкой или рихтовкой.

Состав основных технологических операций, обеспечивающих восстановление автомобильных кузовов и кабин заменойповрежденного участка, включает следующие виды работ:

разметка и отрезка поврежденной части детали;

рихтование деформированных кромок соединяемых деталей и изготовление или подгонка ремонтной детали;

формирование кромки на стыке восстанавливаемой детали;

проколка или сверление отверстий на кромке присоединяемой детали с шагом, аналогичным заводским точкам сварки;

зачистка с двух сторон кромки соединяемых деталей;

подгонка по месту и приварка по отверстиям ремонтной детали;

подготовка восстанавливаемого участка кузова к окраске, предусматривающая зачистку сварных швов заподлицо с основным металлом, шпатлевание и шлифование поверхности.

Нормативы затрат времени на восстановление кузовов

Для организации качественного восстановления аварийных автомобилей необходимы обоснованные нормативы затрат времени на выполняемые операции технологического процесса.

Техническая норма времени — это регламентированное время выполнения технологической операции в определенных организационно-технических условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации. Нормативы затрат времени на восстановление кузовов учитывают условия выполнения работ по ремонту автомоби-

лей на предприятиях, оснащенных необходимым технологическим оборудованием, механизированным инструментом и специализированной оснасткой.

Структура технической нормы времени включает:

основное время выполнения восстановительных работ специалистом с трехлетним опытом работы жестянщиком;

подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку оборудования и инструмента, мойку автомобиля и его перемещение в зону ремонта и обратно;

дополнительное время, связанное с выполнением повторного ремонта, затратами времени на обслуживание рабочего места, личные надобности;

вспомогательное время, связанное с приемами выполнения рихтовочных работ.

Эталонными условиями при определении нормы времени являются:

серийная модель автомобиля, у которого ранее не было повреждений в зоне, где будет производиться ремонт;

отсутствие на панелях трещин, сквозных пробоин и разрывов;

восстановление панели рихтованием, правкой или точечной сваркой;

качество обработки поверхности рихтованием, предусматривающее при необходимости нанесение слоя полиэфирной шпаклевки, возможность нанесения грунтовки;

наличие необходимых инструмента и приспособлений: набор рихтовочных молотков, наковален, напильников и др., аппарат для точечной сварки, аппарат для дуговой сварки в среде защитного газа, шлифовальный инструмент одностороннего действия.

Восстановление поврежденных панелей производится способами рихтования, вытягивания и правки с нагревом газовым пламенем.

Норма времени на восстановление наружных поверхностей кузовов, кабин и облицовки автомобилей определяется в зависимости от площади поверхности дефекта с учетом категории сложности повреждения.

При назначении категории сложности повреждения учитываются следующие признаки дефектов:

— площадь повреждения менее 300 см^2 при отсутствии глубоких вмятин, растяжений и изгибов;

— деформация поверхности не затрагивает линии штамповки или края панели;

— повреждение расположено в легкодоступном месте, т. е. для устранения которого рихтововчным инструментом имеется доступ с противоположной стороны.

К первой категории сложности повреждений относят повреждения, при которых состояние поверхности соответствует всем трем признакам (положительным) и видимая площадь поврежденной зоны равна реальной площади поврежденной зоны (рис. 15, *а*).

Ко второй категории сложности повреждений относят повреждения, при которых на поверхности имеются различные комбинации сочетаний признаков и видимая площадь поврежденной зоны меньше реальной площади поврежденной зоны (рис. 15, *б*). Например, площадь повреждения менее 300 см^2, но повреждена линия штамповки или имеется деформация поверхности в труднодоступном месте. К этой же категории относят и повреждения площадью более 300 см^2, не затрагивающие линии штамповок в легкодоступном месте, или же дефекты с площадью повреждения менее 300 см^2 при отсутствии глубоких вмятин, растяжений и изгибов, не затрагивающие линии штамповки или края панели, но расположенные в труднодоступном месте.

К третьей категории сложности повреждений относят повреждения, при которых состояние поверхности панели не соответствует всем трем признакам, т. е. на панели имеются глубокие вмятины, растяжения и изгибы, затрагивающие линии штамповки, расположенные в труднодоступном для рихтования месте.

В табл. 7 приведены примеры определения категории сложности повреждений наружных панелей автомобильных кузовов и кабин.

Если на панели имеется несколько зон деформации, то категорию сложности повреждений и нормы времени на ремонт определяют по наиболее поврежденной зоне.

Нормы времени на рихтование наружных поверхностей кузовов, кабин и оперения автомобилей в зависимости от категории сложности повреждения и площади дефектной поверхности приведены в табл. 8.

Измерение площади повреденной зоны производится с помощью палетки (прозрачный лист пластика с нанесенной на него сеткой 10 × 10 см) или другого средства измерения линейных размеров. Если на панели имеется несколько поврежденных зон, то измеряется суммарная площадь всех повреждений.

При измерении площади повреждений необходимо обвести маркером контур поврежденной зоны; проверить жесткость панели и деформацию поврежденной

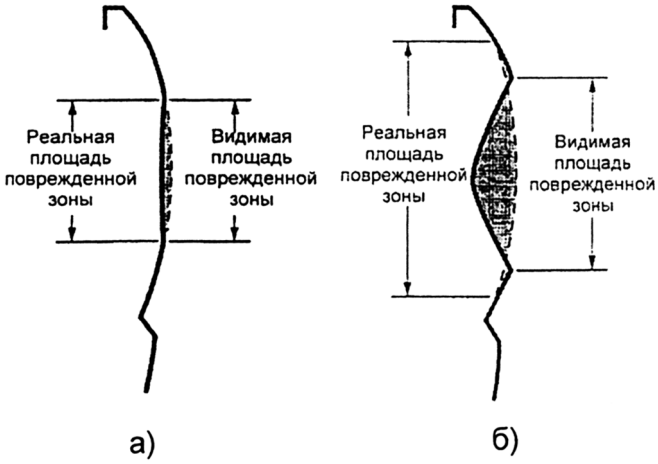


Рис. 15. Площади поврежденной поверхности наружных панелей кузовов и кабин

Таблица 7

Пример определения категории сложности повреждений

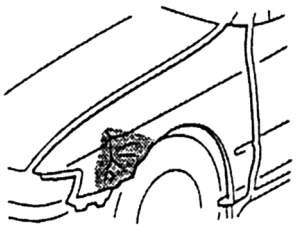
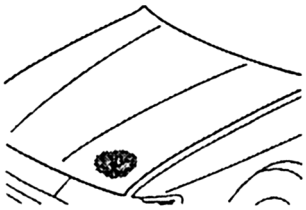
Эскиз повреждения наружной панели кузова	Обоснование категории сложности повреждений	Категория сложности
	Переднее крыло имеет площадь поврежденной зоны менее 300 см^2, глубокую вмятину (1-й признак отрицательный); повреждена линия штамповки и кромка (2-й признак отрицательный); после снятия подкрылка возможно использование подкладного штампа (3-й признак положительный)	Вторая
	Капот имеет площадь зоны повреждения менее 300 см^2, глубокую вмятину (1-й признак отрицательный); дефект не затрагивает линию штамповки или кромку (2-й признак положительный); внутреннюю панель, ограничивающую доступ для рихтования с использование подкладного штампа изнутри (3-й признак отрицательный)	Вторая
	Заднее крыло имеет площадь поврежденной зоны менее 300 см^2, но вмятина глубокая (1-й признак отрицательный); повреждена линия штамповки (2-й признак отрицательный); использование подкладного штампа невозможно (3-й признак отрицательный)	Третья

Таблица 8

Нормы времени на рихтование наружных поверхностей кузовов, кабин и оперения

Площадь повреждения панели, см^2	Категория сложности повреждения		
	первая	вторая	третья
100	0,6	0,8	0,9
200	0,8	1,0	1,4
300	0,9	1,3	1,7
400	1,0	1,4	1,9
500—600	1,1	1,5	2,1
700—800	1,2	1,7	2,3
900—1000	1,3	1,9	2,5
1100—1400	1,4	2,1	2,8
1500—1800	1,5	2,3	3,0
1900—2200	1,6	2,5	3,3
2300—2600	1,7	2,6	3,5
2700—3000	1,8	2,8	3,7
3100—4000	2,0	3,1	4,1

зоны; определить реальную, а не видимую площадь поврежденной зоны (рис. 15, *б*).

При наличии на панели нескольких зон повреждений площадь повреждения определяется суммой площадей всех дефектов, а категория сложности повреждения панели — с учетом суммарной площади и категории сложности повреждения в наиболее поврежденной зоне. Например, при повреждениях капота и передней двери (рис. 16) получаются следующие результаты расчета площадей и определения категории сложности повреждения на панелях кузова, приведенные в табл. 9.

Эталонными условиями при определении нормы времени на рихтование деталей каркаса кузова и его внутренних панелей являются:

Таблица 9

Категория сложности повреждения поверхностей кузовов, кабин и оперения

Зона повреждения (рис. 16)	Площадь повреждения	Категория сложности и повреждения
1	S_1	Вторая
2	S_2	»
3	S_3	Третья
4	S_4	»
5	S_5	»
6	S_6	Вторая
Итого по капоту	$S_1 + S_2 + S_3 + S_4$	Третья
Итого по двери	$S_5 + S_6$	»

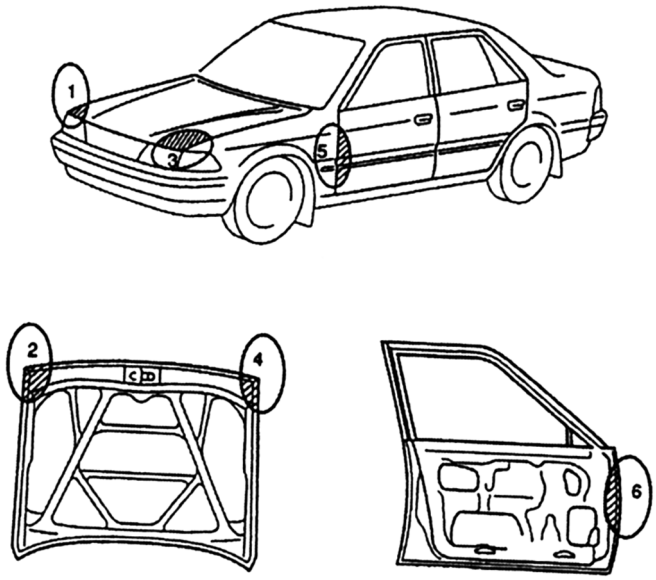


Рис. 16. Повреждения капота и передней двери автомобиля

Рис. 17. Повреждения кузова от фронтального столкновения передней частью автомобиля Mitsubishi Carisma

серийная модель автомобиля, у которого ранее не было повреждений в зоне, где будет производиться ремонт;

зона повреждения кузова вызвана, например, фронтальным столкновением в переднюю часть автомобиля (рис. 17);

при лобовом столкновении в передок автомобиля повреждено место крепления деталей подвески на брызговике переднего крыла, а также деформирован передний лонжерон;

технология восстановления каркаса кузова предусматривает: установку поврежденного автомобиля на стенд для правки, предварительное измерение для оценки степени повреждения, установку растягивающего оборудования (зажимы, цепи, силовые устройства и др.) и оборудования для резки и сварки, восстановление размеров деформированных элементов каркаса кузова способами правки (растягиванием, сжатием) и соответствующие измерения размеров, восстановление формы рихтованием и подгонкой кромок для соединения с сопрягаемыми деталями, снятие растягивающего оборудования и ремонт мест установки зажимов (при необходимости), снятие автомобиля со стенда;

наличие необходимого оборудования, инструментов и приспособлений: стенд для правки кузовов напольного типа, специальные средства измерения геометрии кузова (механические, оптические, лазерные, ультразвуковые или др.), набор рихтовочных инструментов, источник электроснабжения, цепная таль, аппарат для дуговой сварки в среде защитного газа, шлифовальный инструмент одностороннего действия, пневматический гайковерт.

Норма времени на восстановление деталей каркаса кузова и кабин автомобилей определяется как сумма времени на восстановление геометрических размеров каркаса и времени восстановления формы всех поврежденных панелей, входящих в состав каркаса в зоне удара автомобиля.

Таблица 10

Нормы времени (в ч), установленные отечественными заводами-производителями

Виды работ	ВАЗ 2108-09	ВАЗ 2110	ВАЗ 2111-12	ВАЗ 2104	ВАЗ 2107	ГАЗ 3110
Устранение перекоса проема боковой двери, ветрового или заднего окна	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,49
Устранение перекоса проема капота	6,8	6,8	6,8	6,0	6,0	11,63
Устранение перекоса проема крышки багажника (двери задка)	6,8	6,8	6,0	6,8	5,0	11,63
Устранение перекоса средней сложности проема капота и крышки багажника (двери задка)	11,0	11,0	11,0	11,0	10,0	18,29
Устранение перекоса средней сложности передних лонжеронов и проема капота	—	—	—	11,1	11,1	18,29
Устранение перекоса средней сложности проема крышки багажника (двери задка) и задних лонжеронов	10,0	10,0	10,0	11,0	10,0	18,29
Устранение сложного перекоса передних и задних лонжеронов, проема капота и крышки багажника (двери задка)	—	—	—	18,6	16,6	28,96

Виды работ	ВАЗ 2108-09	ВАЗ 2110	ВАЗ 2111-12	ВАЗ 2104	ВАЗ 2107	ГАЗ 3110
Устранение сложного перекоса передних лонжеронов, проема капота и каркаса салона или перекоса задних лонжеронов, проема крышки багажника (двери задка) и каркаса салона	—	—	—	16,5	15,0	28,96
Устранение сложного перекоса задних лонжеронов, проема крышки багажника (двери задка) и каркаса кузова	14,8	14,8	14,8	—	—	—
Устранение сложного перекоса проема капота и передних лонжеронов	18,6	18,6	18,6	—	—	—
Устранение перекоса особой сложности — передних и задних лонжеронов, проема капота, крышки багажника (двери задка) или перекоса передних лонжеронов, проема капота и каркаса кузова	24,0	24,0	24,0	—	—	—
Устранение перекоса особой сложности передних и задних лонжеронов, проема капота, крышки багажника (двери задка) и каркаса салона	—	—	—	22,0	20,0	36,59

Таблица 11

Время на устранение повреждений брызговика переднего крыла и правого переднего лонжерона

Наименование работ	Время, ч
Правка кузова на стенде	3,5
Восстановление брызговика переднего правого крыла первой категории сложности повреждения	0,7
Восстановление лонжерона переднего правого второй категории сложности повреждений	1,5
Итого на ремонт каркаса кузова	5,7

Время на восстановление геометрических размеров каркаса включает: подготовку стенда для правки и контроля, установку и снятие автомобиля со стенда, проведение предварительных измерений для оценки степени повреждения, установку и снятие растягивающего оборудования, восстановление размеров каркаса устранением его деформации (перекоса) и контроль геометрии кузова.

Нормы времени на восстановление несъемных элементов каркаса, определяющих

Таблица 12

Нормы времени (в ч) на ремонт и замену однотипных кузовных элементов некоторых моделей автомобилей

Наименование элементов кузова	Виды ремонтных воздействий	Модели автомобилей				
		ВАЗ 2109	ВАЗ 21099	ВАЗ 2110	ВАЗ 2107	ГАЗ 3110
Лонжерон передний	Ремонт 2	3,0	3,0	3,1	3,5	5,77
	Замена	—	—	7,0	4,2	20,62
	Замена частичная	3,0	3,0	—	—	—
Крыло переднее	Ремонт 1	2,0	2,0	2,0	1,6	2,75
	Ремонт 2	3,0	3,0	3,0	3,6	5,5
	Замена	1,0	1,0	0,7	4,7	1,5
Брызговик переднего крыла	Ремонт 1	2,2	2,2	2,2	1,8	2,28
	Ремонт 2	7,0	7,0	7,0	3,5	5,32
	Замена	16,5	16,5	13,0	16,0	5,32
Панель крыши	Ремонт 1	3,7	3,7	3,7	4,6	7,99
	Ремонт 2	6,8	6,8	5,3	9,2	21,95
	Замена	15,0	15,0	15,0	17,8	35,36
Крыло заднее	Ремонт 1	—	2,0	2,6	1,8	3,09
	Ремонт 2	—	4,0	5,0	3,7	5,84
	Замена	—	6,0	6,0	4,8	12,03
Панель задка	Ремонт 1	2,3	2,3	2,3	2,8	—
	Ремонт 2	3,6	3,6	3,6	4,7	—
	Замена	3,6	3,6	3,6	4,3	11,0
Лонжерон заднего пола	Ремонт 1	—	—	—	1,9	1,37
	Ремонт 2	4,6	4,6	2,2	3,3	2,75
	Замена	6,0	6,0	3,0	19,0	5,50

его геометрические размеры, регламентированы заводом-изготовителем и содержатся в компьютерных базах данных. Для автомобилей японского производства установлен норматив этого времени 3,5 ч. В табл. 10 представлены установленные отечественными заводами-изготовителями нормативы времени устранения различных видов перекосов.

Время восстановления формы поврежденных панелей, входящих в состав каркаса, определяется аналогично норме времени на восстановление наружных поверхностей с учетом площади поверхности дефекта и категории сложности повреждения. Например, для всех моделей автомобилей японского производства установлен следующий норматив времени, ч: 0,7 — первая категория сложности повреждения; 1,5 — вторая категория сложности повреждения; 2,5 — третья категория сложности повреждения. Так, например, при повреждении места крепления деталей подвески на брызговике переднего крыла и деформации переднего лонжерона от лобового столкновения автомобиля (см. рис. 17) время на устранение указанных повреждений приведено в табл. 11.

Жестяницкие работы по ремонту и замене кузовных элементов автомобилей отечественного производства имеют значительное различие по трудоемкости. В качестве примера в табл. 12 приведены нормы времени на ремонт и замену однотипных кузовных элементов некоторых моделей автомобилей.

Ремонтное предприятие может применять надбавки к настоящим нормативам времени на жестяницкие работы при ремонте кузовов старше 5 лет до 10 %, старше 8 лет — до 20 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дорожно-строительные** машины и комплексы: Учебник для вузов / Под общ. ред. В. И. Баловнева. — Москва—Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. — 528 с.
2. **Ремонт** автомобильных кузовов. — М.: За рулем, 2007. — 240 с.
3. **Синельников, А. Ф.** Ремонт аварийных кузовов автомобилей отечественного и иностранного производства [Текст] / А. Ф. Синельников, С. К. Лосавио, Р. А. Синельников. — М.: Транспорт, 2110. — 334 с.
4. **Справочник** автомобильный. Dosch / Под ред. В. В. Маслова. — М.: За рулем, 2002. — 896 с.
5. **Справочник** специалиста по ремонту автомобилей / Под ред. В. М. Приходько. — М.: ИКЦ "АКАДЕМКНИГА", 2007. — 439 с.
6. **Феодосьев, В. И.** Сопротивление материалов [Текст] / В. И. Феодосьев. — М.: Наука, 1970. — 544 с.

Вниманию читателей!

ООО "ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ"

принимает подписку на журналы на 2009 г.

Подпишитесь в Издательстве и Вы

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

Постоянным подписчикам предоставляется скидка на подписку и публикацию рекламных объявлений.

Присылайте заказ и обращайтесь за дополнительной информацией

в отдел продаж, маркетинга и рекламы.

107076, г. Москва, Стромынский пер., д. 4

Тел.: (499) 269-66-00, 269-52-98; факс (499)269-48-97

E-mail: realiz@mashin.ru; www.mashin.ru

Общая методика определения и выбора монтажных зазоров в сопряжениях деталей цилиндро-поршневой группы двигателей

А. Д. Назаров, д-р техн. наук, проф.

Предложены общая методика определения и условия выбора монтажных зазоров в сопряжениях деталей ЦПГ двигателей. Выявлены факторы, влияющие на значения зазоров при пуске и установившемся тепловом режиме работы двигателей. В случае расчета и назначения рассматриваемых зазоров с учетом разработанных методики, условий и требований их значения получаются оптимальным. При таких зазорах детали ЦПГ и двигатели работают надежно.

Ключевые слова: *детали цилиндро-поршневой группы, зазоры, определение, выбор, надежность.*

Надежность, вероятность безотказной работы (ВБР), вибрации, уровень шума, расход смазочного масла на угар и пропуск газов в картер новых и прошедших капитальный ремонт автотракторных двигателей в основном определяются зазорами в сопряжениях деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ). К таким сопряжениям относятся гильза цилиндра—юбка поршня, гильза цилиндра—головка поршня, поршневые кольца—дно канавок поршня и поршневые кольца—образующие канавок поршня. На перечисленные показатели двигателей влияют также зазоры в замке поршневых колец. Зазоры между гильзой цилиндра и юбкой поршня $\Delta_{ю}$, гильзой цилиндра и головкой поршня в плоскости, проходящей через оси цилиндров и коленчатого вала $\Delta_{о}$, и в плоскости качания шатуна $\Delta_{г}$, между верхним компрессионным кольцом (нижним компрессионным или маслосъемными кольцами) и дном канавки поршня под него в плоскости, проходящей через оси цилиндров и коленчатого вала $\Delta_{д1}$, и в плоскости качания шатуна $\Delta_{д2}$, между боковыми поверхностями колец и образующими канавок поршня $\Delta_{с}$, в замке поршневых колец $\Delta_{з}$, необходимые для надежной работы деталей ЦПГ и двигателей при их пуске ($\Delta_{юп}$, $\Delta_{оп}$, $\Delta_{гп}$, $\Delta_{д1п}$, $\Delta_{д2п}$, $\Delta_{сп}$ и $\Delta_{зп}$) и установившемся тепловом режиме работы ($\Delta_{ют}$, $\Delta_{от}$, $\Delta_{гт}$, $\Delta_{д1т}$, $\Delta_{д2т}$, $\Delta_{ст}$ и $\Delta_{зт}$), в общем случае следует определять и выбирать исходя из условий

$$\Delta_{i\text{дп}} \geqslant \Delta_{i\text{нп}}; \quad (1)$$

$$\Delta_{i\text{дт}} \geqslant \Delta_{i\text{нт}}, \quad (2)$$

где $\Delta_{i\text{дп}}$ и $\Delta_{i\text{дт}}$ — монтажные зазоры в i-м сопряжении деталей ЦПГ при пуске и установившемся тепловом режиме работы двигателей; $\Delta_{i\text{нп}}$ и $\Delta_{i\text{нт}}$ — необходимые для надежной работы двигателей зазоры в i-м сопряжении деталей ЦПГ при указанных режимах.

Монтажные зазоры в сопряжениях деталей ЦПГ определяются отклонениями от номинального значения размеров, формы, взаимного расположения осей и поверхностей, неровностей рабочих поверхностей, а также силовыми и тепловыми деформациями деталей сопряжения [1—6]. Определяющими необходимые для надежной работы двигателей факторами являются: высота неровностей рабочих поверхностей, отклонения формы и взаимного расположения поверхностей и осей, силовые и монтажные деформации деталей соответствующего сопряжения; зазоры в других сопряжениях, силовые и тепловые деформации, непараллельность и неперпендикулярность осей или рабочих поверхностей их деталей, изменение (увеличение) перечисленных факторов в зависимости от режима работы, влияющие на упомянутые зазоры в рассматриваемом сопряжении; рабочая минимальная толщина смазочного слоя в сопряжении. При расчетах необходимых зазоров в указанных сопряжениях нужно учитывать номинальные размеры и материал деталей, длину соответствующих напряжений.

При определении и выборе монтажных зазоров в исследуемых сопряжениях решающим фактором является обеспечение требуемой точности размеров, шероховатости рабочей поверхности, отклонений

формы и взаимного расположения осей и поверхностей деталей. Эти показатели зависят от применяемой технологии изготовления, ремонта или восстановления деталей ЦПГ и КШМ, сборки двигателей. В условиях производства и особенно ремонта двигателей из-за действия различных технологических и других факторов (податливость, упругие и остаточные деформации системы станок—приспособление—инструмент—деталь; изнашивание режущего инструмента; неоднородность, разные механические свойства материала одних и тех же деталей; погрешности средств настройки, контроля и измерения; непостоянство режимов обработки и т. д.) значения величин, определяющих рассматриваемые зазоры, изменяются в широких диапазонах и чаще всего выходят за пределы установленных действующими ТУ допусков. Поэтому при расчетах зазоров следует основываться на статистических характеристиках рассеяния значений отклонений размеров, формы и взаимного расположения, шероховатости рабочей поверхности деталей данного сопряжения, а также зазоров в других сопряжениях, влияющих на зазоры в рассматриваемом сопряжении. Монтажные, тепловые и силовые деформации деталей имеют значения, находящиеся в определенных и достаточно широких пределах. Это связано с неоднородностью и непостоянством химико-механических свойств материала и толщины стенок деталей, рассеянием их размеров, радиусов и других параметров перехода от одних сечений или частей деталей к другим, параметров механической и химико-термической обработки, действующих на них монтажных, тепловых, газовых и инерционных нагрузок. В этой связи расчеты зазоров в сопряжениях деталей ЦПГ нужно производить с учетом упомянутых характеристик рассеяния значений анализируемых величин.

Из приведенных данных следует, что на значения исследуемых зазоров влияет большое количество разнородных, различных по характеру возникновения и действия факторов. Они при производстве и ремонте двигателей изменяются в широких диапазонах, поразному влияют на зазоры и подчиняются определенным законам распределения. Статистическим анализом рассеяния этих факторов в условиях производства и ремонта двигателей рабочими объемами 2,445; 4,25 и 6 л установлено, что при достаточном количестве выборки их распределение подчиняется нормальному закону или близко к нему. Монтажные и необходимые для надежной работы двигателей зазоры в сопряжениях деталей ЦПГ при производстве и ремонте двигателей практически всегда распределены по нормальному закону. В связи с этим вероятность одновременного совпадения максимальных и минимальных значений всех факторов, соответственно увеличивающих и уменьшающих рассматриваемые зазоры и наоборот, ничтожно мала [1, 7]. Тогда расчет зазоров, исходя из наибольших и наименьших значений факторов, влияющих на них, приведет к необходимости установления чрезмерно жестких, технически и экономически необоснованных допусков на размеры, шероховатость рабочей поверхности, отклонения формы и взаимного расположения поверхностей и осей деталей каждого сопряжения. Такие же допуски нужно будет назначать на зазоры в других сопряжениях, упомянутые параметры их деталей, влияющих на зазоры в данном сопряжении. Поэтому зазоры в сопряжениях деталей ЦПГ следует рассчитывать вероятностным методом, основываясь на статистических характеристиках рассеяния значений факторов, определяющих зазоры.

При расчетах рассматриваемых зазоров необходимо также учитывать следующее.

1. Зазоры $\Delta_о$, $\Delta_г$ и $\Delta_{д1}$, $\Delta_{д2}$, $\Delta_з$ следует определять исходя из отклонений от номинального значения диаметра гильзы цилиндра и ее теплового расширения в зоне работы головки поршня и данного поршневого кольца соответственно. При определении зазора $\Delta_ю$ надо основываться на значениях диаметра гильзы цилиндра и ее теплового расширения на участке работы юбки поршня.

2. Зазоры $\Delta_о$ и $\Delta_г$, $\Delta_{д1}$ и $\Delta_{д2}$ имеют разные значения, вследствие чего монтажные зазоры в сопряжениях гильза цилиндра—головка поршня и поршневые кольца—дно канавок поршня нужно назначать, основываясь на наибольшем из зазоров $\Delta_о$ и $\Delta_г$, а также $\Delta_{д1}$ и $\Delta_{д2}$.

3. Значения анализируемых зазоров зависят от зазора $\Delta_ю$, который при прочих неизменных условиях определяется тепловыми и силовыми деформациями нагруженной и ненагруженной сторон юбки поршня.

4. Поршни автотракторных двигателей изготовляют из алюминиевого сплава, а гильзы цилиндров, поршневые кольца, поршневые пальцы, шатуны и коленчатые валы — из чугуна и стали. Коэффициент линейного теплового расширения материала поршня больше, а модуль упругости — меньше, чем у других деталей. Поэтому с повышением рабочей температуры деталей и действующих на них нагрузок тепловое расширение и силовые деформации головки, юбки, бобышек и канавок поршня больше, чем соответствующие размеры перечисленных выше других деталей. Эти факторы решающим образом влияют на анализируемые зазоры.

5. Зазоры между верхним компрессионным кольцом и дном канавки поршня, боковыми сторонами этого кольца и образующими указанной канавки влияют на параметры изнашивания и неравномерности износа, надежность и работоспособность нижнего компрессионного и маслосъемных колец.

6. На зазоры в замке колец в числе других факторов решающее влияние оказывают высота неровностей, овальность и конусообразность рабочих поверхностей колец и образующей дна канавок поршня, гильз цилиндров в зоне работы соответствующих компрессионных или маслосъемных колец.

7. Зазоры между поршневыми кольцами и канавками поршня, в замке колец, надежность и ВБР, параметры изнашивания и неравномерности износа сопряженных деталей ЦПГ при других одинаковых условиях и факторах определяются упругостью, качеством и физико-механическими свойствами покрытий рабо-

чих поверхностей, наличием внутренних фасок, конструкцией замка и материалом, эпюрой распределения радиального давления колец на стенку гильзы цилиндра, неперпендикулярностью образующих торцовых поверхностей канавок поршня оси его юбки.

8. После определения расчетных величин исследуемых зазоров нужно установить их оптимальные значения по результатам стендовых, ускоренных стендовых, дорожных, полевых и эксплуатационных испытаний двигателей, проводимых по рандомизированным планам [8]. При этом в качестве критерия необходимо принимать влияние рассматриваемых зазоров на приработку рабочей поверхности, параметры изнашивания и неравномерности износа соответствующих деталей ЦПГ, расход смазочного масла на угар, пропуск газов в картер, вибрации, уровень шума и ВБР двигателей. Значения перечисленных параметров и показателей следует оценивать и определять с использованием применяемых методов и технических средств [1, 3, 9, 10].

9. Гильзу цилиндров и юбку поршней автотракторных двигателей номинального и ремонтных размеров изготовляют и собирают селективным методом. Поэтому установленные значения оптимальных монтажных зазоров между гильзой цилиндра и головкой поршня, поршневым кольцом и дном канавки поршня под него следует обеспечивать изменением и уточнением допуска на диаметры головки поршня и дна канавки поршня под кольцо соответственно. Оптимальные значения монтажного зазора в сопряжении гильза цилиндра—юбка поршня следует обеспечивать изменением и уточнением допуска на диаметры обеих деталей, сохраняя число их размерных групп для селективной сборки.

10. Поршневые кольца большинства современных автотракторных двигателей обычно изготовляют на специализированных заводах. Затем их поставляют на предприятия-изготовители двигателей в качестве комплектующих изделий. Поэтому установленные оптимальные значения монтажных зазоров между боковыми поверхностями поршневых колец и образующими канавок поршня под кольца, а также в замке колец наиболее целесообразно обеспечивать путем изменения и уточнения допуска на толщину, радиальную толщину и диаметр кольца соответственно.

Если монтажные зазоры в рассматриваемых сопряжениях определяют и назначают, основываясь на приведенных выше положениях и обеспечивая требования по пп. 1 и 2, то они получаются оптимальными, технически и экономически обоснованными. В этом случае указанные сопряжения и двигатели работают надежно, практически отсутствуют их отказы, связанные с анализируемыми зазорами, исключаются задиры рабочей поверхности деталей ЦПГ, задевание головки поршня о поверхность гильзы цилиндра и поршневых колец дна канавок поршня, заклинивание и поломка компрессионных колец. Угар смазочного масла и пропуск газов в картер при этом имеют наименьшие значения, вибрации и уровень шума двигателей находятся в допустимых пределах.

Вывод. Разработана общая методика определения и предложены условия выбора монтажных зазоров в сопряжениях деталей ЦПГ новых и капитально отремонтированных двигателей. Указаны факторы, влияющие на значение зазоров при пуске и установившемся тепловом режиме работы двигателей. В случае расчета и назначения рассматриваемых зазоров с учетом разработанных методики и положений, предложенных условий и требований их значения получаются оптимальными, технически и экономически обоснованными. При таких зазорах детали ЦПГ и двигатели работают надежно, в их сопряжениях обеспечиваются условия для трения со смазочным материалом, отсутствуют задир рабочей поверхности указанных деталей и отказы, связанные с ними.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Назаров, А. Д.** Надежность и ремонт машин [Текст] / А. Д. Назаров. — Ашхабад: Ылым, 1992. — 365 с.
2. **Григорьев, М. А.** Обеспечение надежности двигателей [Текст] / М. А. Григорьев, В. А. Долецкий. — М.: Издательство стандартов, 1978. — 323 с.
3. **Назаров, А. Д.** Нормирование дисбаланса и повышение надежности автотракторных двигателей [Текст] / Ашхабад: Ылым, 1986. — 296 с.
4. **Авдонькин, Ф. Н.** Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей [Текст] / Ф. Н. Авдонькин. — М.: Транспорт, 1985. — 216 с.
5. **Цой, И. М.** Рациональные зазоры в сопряжениях деталей двигателей ЗМЗ [Текст] / И. М. Цой. — Ташкент: Узавтотранстехника, 1981. — 80 с.
6. **Ждановский, Н. С.** Надежность и долговечность автотракторных двигателей [Текст] / Н. С. Ждановский, А. В. Николаенко. — Л.: Колос, 1981. — 295 с.
7. **Серый, И. С.** Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения [Текст] / И. С. Серый. — М.: Агропромиздат, 1987. — 368 с.
8. **Шенк, Х.** Теория инженерного эксперимента [Текст] / Х. Шенк. — М.: Мир, 1972. — 381 с.
9. **Назаров, А. Д.** Оценка и исследование виброакустических показателей двигателей [Текст] / А. Д. Назаров // Грузовик &. — 2007. — № 3. — С. 34—39.
10. **Назаров, А. Д.** Теоретические основы определения и оценки некоторых показателей надежности автотракторных двигателей [Текст] А. Д. Назаров // Грузовик &. — 2007. — № 11. — С. 23—26.

А. А. Шатилов,
канд. техн. наук,
доц.,
А. А. Ли,
М. А. Сережкин,
студенты МГТУ
им. Н. Э. Баумана

Автоматизированная система "Анализ центрирующего зажимного механизма кулачковых пневматических однорядных оправок"

Разработана система автоматизированного определения рациональных параметров центрирующего зажимного механизма кулачковых пневматических оправок. Показаны на примере возможности системы.

Ключевые слова: *оправка, заготовка, технологическая база, безопасность, точность, угол клина, число кулачков, коэффициент работоспособности.*

Кулачковые пневматические оправки применяют для установки на токарные, шлифовальные, зубообрабатывающие станки заготовок колец, втулок, зубчатых колес [1]. Технологическими базами служат центральное отверстие (чаще всего цилиндрическое) и торец заготовки.

Примеры оправок основного производства АМО ЗИЛ показаны на рис. 1; конструкторская схема центрирующего зажимного механизма (ЦЗМ) — на рис. 2.

К ответственным параметрам ЦЗМ относят число $m_к$ кулачков и угол α клина. Если центральное отверстие заготовки изготовлено по 9 квалитету и точнее, целесообразно иметь четное и по возможности большее число $m_к$ кулачков. На рис. 3 показана полученная экспериментально зависимость точности обработки заготовок по параметрам радиального и торцового биений от числа $m_к$ кулачков. Исследования проведены в механосборочных корпусах и в центральной лаборатории механизации и автоматизации технологических процессов АМО ЗИЛ.

Если центральное отверстие заготовки изготовлено по 10 квалитету и грубее, то целесообразно иметь только 3 кулачка.

Угол α влияет на выигрыш в силе (рис. 4); проигрыш в перемещении, который характеризуется коэффициентом $i_n = \mathrm{ctg}\alpha$; выбор вращающегося пневмоцилиндра (ВПЦ) привода оправки; вероятность повреждений кулачками базового отверстия заготовки. При малых углах ($\alpha \leqslant 7°30'$) ЦЗМ становится самотормозящим, что позволяет сократить расход сжатого воздуха и обеспечить надежное закрепление заготовки в аварийных ситуациях. Однако раскрепление заготовок сопровождается характерным шумом.

Автоматизированная система "Анализ центрирующего зажимного механизма кулачковых пневматических однорядных оправок" разработана специалистами и студентами-дипломниками МГТУ им. Н. Э. Баумана при участии специалистов управления главного конструктора по технологической оснастке и станкам (УГК ТОС) АМО ЗИЛ. Возможности системы видны из приведенного ниже примера, в котором в качестве переменного параметра выступает угол α (табл. 1 и 2).

Полученные в результате автоматизированного анализа данные приведены в табл. 2.

Коэффициент осевого хода вала $\beta_{ход}$ показывает, во сколько раз осевой ход вала оправки, необходимый при ее наладке и эксплуатации, меньше допустимого осевого хода штока ВПЦ. Поскольку $\beta_{ход} = 3{,}5$, осевой ход вала при наладке оправки может быть увеличен с 10 до 20—25 мм, что облегчит наладку.

Коэффициент $\beta_{закр}$ характеризует надежность закрепления заготовки.

Коэффициент $\beta_{деф}$ показывает, во сколько раз собственные деформации закрепляемых заготовок, влияющие на круглость обработанной поверхности, меньше допустимых.

Коэффициенты $\beta_{скос}$ и $\beta_{кул}$ определяют, во сколько раз давления, возникающие по скосам кулачка и паза вала, а также в сопряжении головки кулачка с заготовкой, меньше допустимого, равного 700 МПа.

Коэффициент $\beta_{заг}$ показывает, во сколько раз давление в сопряжении головки кулачка с заготовкой меньше допустимого, принятого равным для заготовки из чугуна 100 МПа.

Таблица 1

Исходные данные для анализа

Константы	
Модуль упругости стали и чугуна $E = 2{,}1 \cdot 10^5$ МПа; плотность материала заготовки $\gamma = 7{,}8 \cdot 10^{-6}$ кг/мм^3; коэффициент трения стали по стали или по чугуну $f = 0{,}16$; коэффициент запаса в расчетах безопасной силы закрепления $k = 2{,}5$; форма продольного сечения заготовки прямоугольная.	
Переменные	
Наименование	Использованные в примере величины и показатели
Номинальный диаметр центрального отверстия заготовки, мм	63
Квалитет точности центрального отверстия заготовки	H12
Наименьший диаметр центрального отверстия заготовки, мм	63
Высота заготовки, мм	18,9
Номинальный наружный диаметр заготовки, мм	79,43
Материал заготовки	Чугун
Масса заготовки	0,27
Тип производства	Серийное
Способ базирования заготовки*	Вручную
Гарантированный зазор при базировании заготовки*, мм	0,04
Обработка резанием на оснащаемой операции*	Обтачивание получистовое
Глубина резания на оснащаемой операции*, мм	0,6
Подача на оснащаемой операции*, мм/об	0,25
Контактные повреждения отверстия заготовки кулачками оправки при закреплении*	Не допускаются
Величина осевого хода штока ВПЦ при наладке оправки*, мм	10
Угол α	15°; 20°30′; 10°; 7°30′; 5°; 2°30′;
Диапазон давления в ВПЦ, МПа	0,22—0,63

Примечания. 1. Звездочкой отмечены данные, для которых в программе предусмотрена возможность их автоматизированного определения.
2. Диапазон давления в ВПЦ установлен в ходе систематических и длительных (1 год) измерений в механосборочном корпусе № 3 АМО ЗИЛ.
3. Определение коэффициента запаса k см. в работе [2].

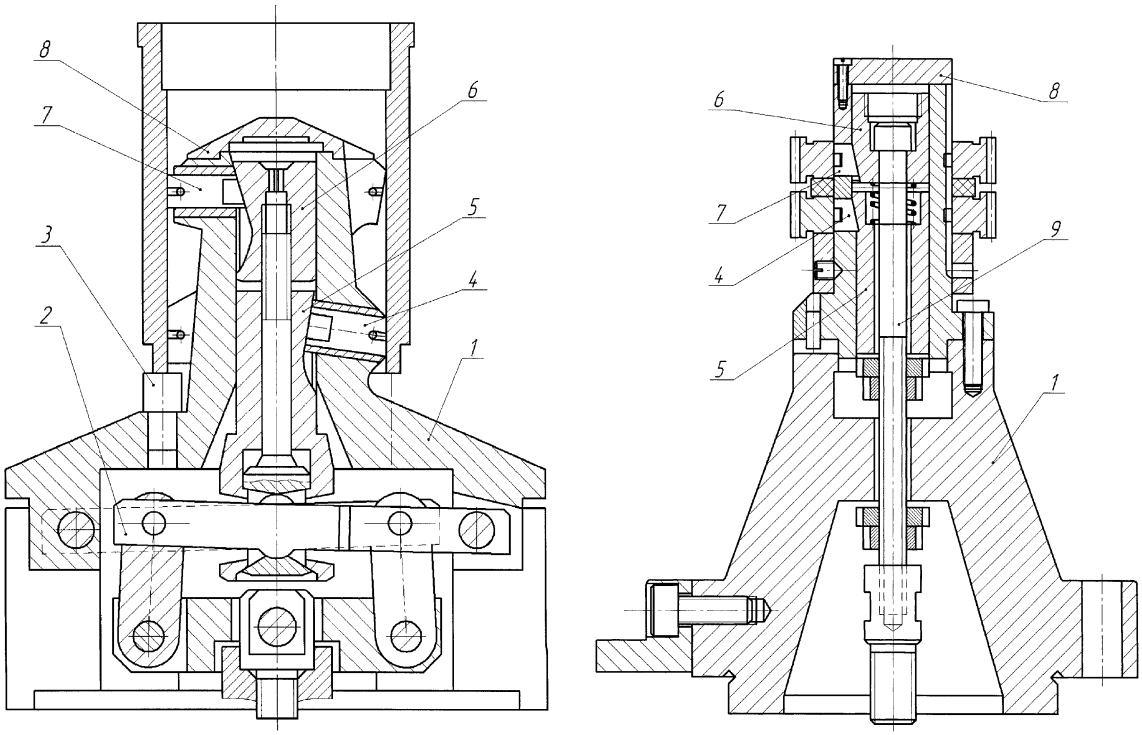


Рис. 1. Кулачковые оправки основного производства АМО ЗИЛ для установки:

а — длинной заготовки гильзы блока цилиндров на токарный полуавтомат; б — многоместной заготовки зубчатого колеса на зубофрезерный полуавтомат: 1 — корпус; 2 — качалка; 3 — опора торцовая; 4 — кулачки нижние; 5 — вал нижний; 6 — вал верхний; 7 — кулачки верхние; 8 — торцовая заглушка; 9 — тяга

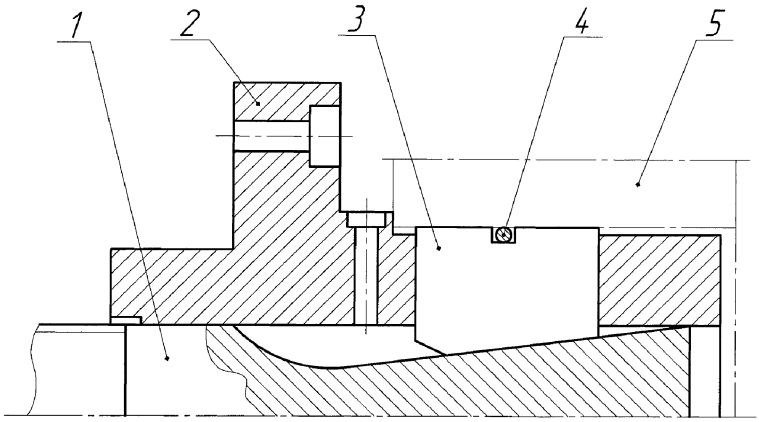


Рис. 2. Конструкторская схема ЦЗМ оправки кулачковой пневматической однорядной:

1 — вал; 2 — корпус; 3 — кулачок; 4 — пружина возврата кулачков; 5 — заготовка (условно не показана гайка — ограничитель осевого хода вала 1)

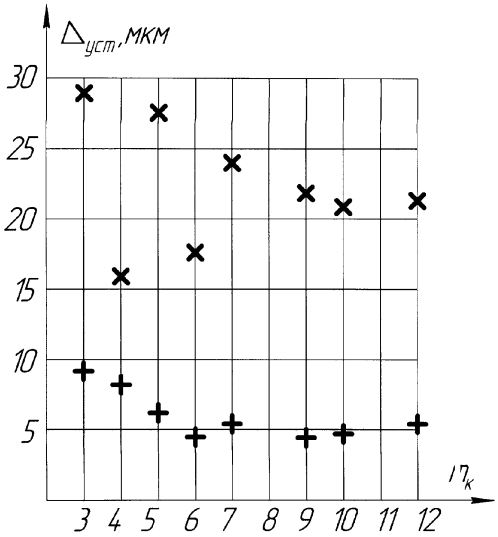


Рис. 3. Влияние числа $m_к$ кулачков на точность установки $\Delta_{уст}$ заготовок базовым отверстием, обработанным по 6—10 квалитетам, (+) и (×) — соответственно радиальное и торцовое биения

Таблица 2

Полученные данные

Наименование	α					
	15°	21°30′	10°	7°30′	5°	2°30′
Материал, химико-термическая обработка, твердость ответственных деталей оправки:						
корпуса и вала	Сталь марки 18ХГТ, цементовать на глубину 0,8—1,2 мм, твердость 58—62 HRC					
кулачка	Сталь марки 9ХС, твердость 58—62 HRC					
Диаметр установочной шейки корпуса, мм	62,96h5					
Число m_n пазов под кулачки в установочной шейке корпуса	6					
Номинальные размеры в плане паза корпуса под кулачок, мм:						
длина	15,5					
ширина	15					
Диаметр расточки корпуса под вал	35H6					
Диаметр вала в месте расположения кулачков	35h5					
Число пазов вала под кулачки	3					
Глубина технологической выфрезеровки вала для выхода инструмента при отделочной обработке стенок паза вала под кулачки, мм	4,84	4,24	3,65	3,07	2,49	1,92

Окончание табл. 2

Наименование	α					
	15°	21°30′	10°	7°30′	5°	2°30′
Число пружин возврата кулачков	1					
Размеры канавки под пружину возврата, мм:						
ширина	4					
глубина	4					
Диаметр ВПЦ, мм	160				125	
Коэффициенты работоспособности оправки по параметрам:						
осевого хода вала $\beta_{ход}$	3,5					
надежного закрепления заготовок $\beta_{закр}$	11,7	13	15	17	12,5	15
отсутствия чрезмерных собственных деформаций заготовок при их закреплении $\beta_{деф}$	2,7	2,4	2,1	1,8	2,5	2,1
отсутствия контактных повреждений скосов паза вала и кулачка $\beta_{скос}$	16	14	12	11	14	12
отсутствия контактных повреждений головки кулачка заготовкой $\beta_{кул}$	11	10	8	7	10	8
отсутствия контактных повреждений отверстия заготовки кулачками $\beta_{заг}$	1,5	1,4	1,2	1,1	1,4	1,2

Примечания. 1. $m_к = 3$. ы

2. Число m_n пазов под кулачки в корпусе принято равным 6 в целях более удобного их изготовления; затем все четные пазы корпуса должны быть заглушены.

3. Коэффициент работоспособности $\beta_{закр}$ определялся при наименьшем давлении в пневмоцилиндре (0,22 МПа), а коэффициенты $\beta_{деф}$, $\beta_{скос}$, $\beta_{кул}$, $\beta_{заг}$ — при наибольшем (0,63 МПа).

Оправка считается работоспособной, если коэффициент $\beta_{закр} \geqslant 2{,}5$ и все остальные коэффициенты больше 1.

Таким образом, в рассматриваемом примере оправка оказалась работоспособной в диапазоне угла $2°30' \leqslant \alpha \leqslant 15°$.

Считается, что с уменьшением угла α и соответствующем увеличением коэффициента i_c выигрыша в силе (рис. 4), надежность закрепления заготовок повышаются. Однако, как видно из рассматриваемого примера, при углах $\alpha \leqslant 5°$ увеличивается опасность контактного повреждения заготовки. Это потребовало использовать меньший по диаметру ВПЦ, что несколько уменьшило и коэффициент $\beta_{закр}$.

В инструментальном производстве АМО ЗИЛ ответственные детали оправок изготовляют с точностью по 5—6 квалитету и 5—7 степени точности формы и расположения поверхностей, вне зависимости от точностных требований к оснащаемой операции. Кроме того, выполняют следующие правила:

производят селективный подбор кулачков по фактическим размерам пазов корпуса под кулачок, обеспечивая по всему периметру паза гарантированный зазор не более 0,01 мм;

обрабатывают головки кулачка в сборе, желательно на оснащаемом станке;

в случае утери или поломки хотя бы одного кулачка их заменяют в комплекте;

простановку размеров конструкторских баз корпуса оправки выполняют по итогам тщательных измерений соответствующих размеров конструкторских опор шпинделя оснащаемого станка по инвентарному номеру последнего.

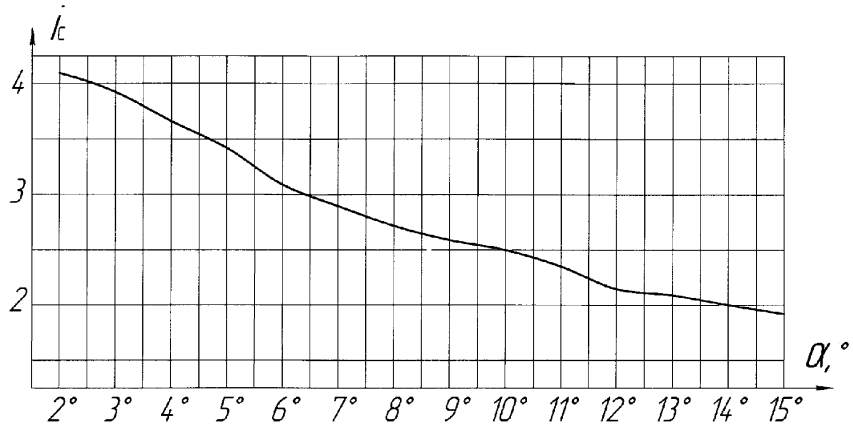


Рис. 4. Зависимость коэффициента i_C выигрыша в силе от угла α

Автоматизированная система была реализована на языке программирования Delphi7. Время решения одной задачи вместе с полным вводом необходимых для расчета параметров составляет 1 мин.

Системные требования: Windows 98/ME/2000/XP/Vista; Pentium 300 МГц; ОЗУ 32 Мб; свободного места на жестком диске 5 Мб; видеокарта 32 Мб.

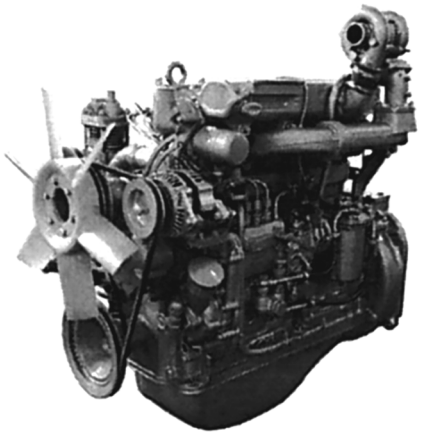
Вывод

Разработанную систему рекомендуется использовать в целях получения соответствующих информационно-справочных материалов для заинтересованных предприятий; повышения квалификации молодых конструкторов станочной оснастки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шатилов, А. А.** Кулачковые оправки [Текст] / А. А. Шатилов // Справочник. Инженерный журнал, приложение. — 2005. — № 5.
2. **Станочные** приспособления: Справочник. В 2 т. — М.: Машиностроение, 1984. – Т. 1 / Под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова, 1984. — 592 с.

ЧЕТРА выводит на рынок новые двигатели ВМТЗ



Осенью 2009 г. торговая компания "ЧЕТРА —Комплектующие и запасные части" представит на российском рынке новые дизели с жидкостным охлаждением, произведенные на Владимирском моторотракторном заводе, входящем в крупнейший в РФ машиностроительный холдинг "Концерн "Тракторные заводы".

Трех- и четырехцилиндровые двигатели с турбонаддувом Д130ТВ и Д145ТВ максимально унифицированы с дизелями воздушного охлаждения Д130Т и Д145Т. Этот фактор и специально разработанные пособия по эксплуатации двигателей значительно упростят переход потребителей на новое оборудование. А простота конструкции и обеспеченность запасными частями существенно облегчат проведение технического обслуживания двигателей.

На сегодняшний день новые двигатели проходят стадию испытаний в режиме 800 ч непрерывной работы. После их окончания будет выпущена первая промышленная партия и налажено серийное производство.

Владимирские двигатели с жидкостным охлаждением полностью соответствуют требованиям экологического класса 2 ЕЭК ООН. Дизели будут устанавливаться на тракторы, компрессоры, энергетические установки, сварочные агрегаты и автопогрузчики.

В. Н. Козловский,
Р. А. Малеев,
канд-ты техн. наук

Надежность электрооборудования легкового автомобиля — исторический аспект

Проводится исследование надежности электрооборудования легковых автомобилей отечественного производства на основе данных по отказам за 30 лет.

Ключевые слова: *качество, надежность, электрооборудование.*

Электрооборудование современного легкового автомобиля включает обширный перечень компонентов, обеспечивающих безопасную и надежную работу всего автомобиля. За последние 30 лет установленная мощность бортового электрооборудования автомобилей выросла примерно в два раза. Растет количество силовых приводов, исполнительных механизмов, бортовые системы интенсивно насыщаются электронными компонентами, увеличивается протяженность силовой и слаботочной электропроводки, просматриваются тенденции повышения уровня номинального напряжения бортовой сети. В настоящее время автомобили интенсивно оснащаются элементами электрооборудования, обеспечивающими максимальный комфорт и безопасность движения: климатические и антиблокировочные системы, датчики дождя и парковки и т. д.

При этом необходимо отметить, что именно элементы электрооборудования имеют наибольшую интенсивность отказов в эксплуатации. Это определило цель настоящей работы, которая заключается в выявлении наименее надежных электроизделий автомобилей на базе анализа эксплуатационных отказов автомобилей отечественного производства.

Первичная регистрация отказов автомобилей в эксплуатации проводится в рамках специализированных информационных систем, дйствующих на предприятиях сервисной сети. Информационные системы позволяют проводить сбор, накопление и обработку данных эксплуатации. После обработки данных выделяются наиболее значимые проблемы, разрабатываются и реализуются мероприятия по улучшению качества продукции.

Результаты анализа надежности электрооборудования автомобилей отечественного производства за период 1977—2007 гг. представлены в таблице.

Анализ данных таблицы показывает, что наибольшее число отказов приходится на изделия, имеющие в своем составе электромеханические преобразователи. Именно эти изделия оказывают самое значимое влияние на показатели надежности системы электрооборудования и автомобиля в целом. Начиная с 1977 г. наиболее массовые отказы электрооборудования связаны с выходом из строя: генератора (13 упоминаний в таблице), стартера (11 упоминаний), электростеклоподъемников (5 упоминаний), электромеханического усилителя рулевого управления (1 упоминание).

Исходя из полученных данных, можно сформировать группу элементов системы электрооборудования, которые влияют не только на надежность, но и на безопасность автомобилей, — это генераторы, электростартеры, электромеханические усилители рулевого управления. Среди отказов упомянутых устройств выделяются: отказы электронных компонентов, подшипниковых узлов, несоответствия размерных параметров активной зоны требованиям нормативной документации, обрывы и короткие замыкания в обмотках, а также отказы в щеточно-коллекторных узлах.

Таблица

Массовые отказы электрооборудования автомобилей отечественного производства за период с 1977 по 2007 гг.

№ по/пор	Год	Наименование отказа
1	1981	Отказы интегрального регулятора напряжения генератора. Отказы регулятора напряжения РР-380 генератора
2	1986	Отказы регулятора напряжения РР-380 генератора
3	1987	Обрыв цепи обмотки ротора генератора. Дефекты интегрального регулятора напряжения генератора
4	1989	Отказы электростартера. Отказы генератора
5	1990	Отказы электростартера. Отказы генератора
6	1993	Шум генератора. Дефекты привода электростартера
7	1994	Дефекты привода электростартера. Шум генератора
8	1995	Дефекты привода электростартера. Шум генератора
9	1996	Торцевой износ шестерни привода электростартера. Шум генератора
10	1997	Торцевой износ шестерни привода электростартера. Шум генератора
11	2003	Отказы электростеклоподъемников. Шум при работе генератора
12	2004	Отказы электростеклоподъемников. Шум электростартера. Отказы электростартера. Шум при работе генератора. Занижено напряжение генератора

Продолжение таблицы

№ по/пор	Год	Наименование отказа
13	2005	Отказы электростеклоподъемников. Отказы электростартера
14	2006	Отказы электростеклоподъемников. Отказы электростартера
15	2007	Занижено напряжение генератора. Отсутствует ток отдачи генератора. Отказы электростеклоподъемников. Отказы электроускорителя рулевого управления. Шум электростартера

Вывод. Приведенные данные показывают, что электрооборудование обладает высокой значимостью в обеспечении надежности автомобиля. Электроизделия, имеющие в составе электромеханические преобразователи, определяют надежность как системы электрооборудования, так и автомобиля в целом. Разработка мероприятий по повышению качества и надежности автомобилей в первую очередь связана с необходимостью решения задач по улучшению устройств, имеющих в своем составе электромеханические преобразователи.

Вести с АЗ "УРАЛ"

АЗ "УРАЛ" подтвердил свои позиции в силовых ведомствах России

Автомобили "УРАЛ" "Группы ГАЗ" остаются базовыми грузовыми автомобилями во внутренних войсках МВД, МЧС и ФСБ России. Таков итог двухдневного совещания, прошедшего в июне на базе предприятия с участием представителей силовых структур.

Цель совещания — оценка текущей ситуации по исполнению автомобильным заводом "УРАЛ" Государственного оборонного заказа и рассмотрение перспектив на 2010 г. "Мы удовлетворены этой встречей, поскольку подтверждены позиции автомобилей "УРАЛ" в трех силовых ведомствах, где они остаются базовыми грузовиками. Дана положительная оценка высокому качеству автомобиля и его низкой стоимости, инновационным подходам и новым управленческим технологиям", — отметил генеральный директор АЗ "УРАЛ" Виктор Корман.

"В войсках автомобили "УРАЛ" очень любят. Солдаты срочной службы, которые служат всего год, легко их осваивают. В содержании и обслуживании этих грузовиков нет сложных вопросов, "УРАЛ" — самая надежная и мощная машина. И самое главное для нашей службы — это то, что все задачи, которые на нас возложены, с помощью "УРАЛОВ" выполняются быстро, четко в любых дорожных и климатических условиях", — прокомментировал начальник автобронетанкового управления внутренних войск МВД России генерал-майор Тагир Эминов.

(Продолжение на 41 с.)

Токсичность отработавших газов дизелей и возможности ее снижения

В. А. Марков,
д-р техн. наук,
проф.,
МГТУ
им. Н. Э. Баумана

Приведены требования к токсичности отработавших газов дизелей. Представлены испытательные циклы дизелей. Рассмотрены способы снижения выбросов токсичных компонентов отработавших газов.

Ключевые слова: *дизель, испытательные циклы, характеристики токсичности отработавших газов.*

Работа двигателей внутреннего сгорания (ДВС) оценивается целым комплексом эксплуатационно-технических показателей: удельной мощностью и массогабаритными показателями, топливной экономичностью, токсичностью отработавших газов (ОГ), динамическими качествами и др. [1]. Важнейшими из них в настоящее время являются показатели токсичности ОГ, т. е. количество выбрасываемых двигателем вредных веществ. Это обусловлено как ухудшением экологической обстановки, так и ужесточением требований, предъявляемых к ДВС современными нормативными документами на токсичность ОГ.

ДВС применяются практически на всех видах транспортных средств и остаются основным типом мобильных тепловых двигателей благодаря своей автономности, экономичности и надежности. Как основной источник энергии для транспортных средств ДВС являются и основным потребителем топлив, при сгорании которых образуются вредные вещества, выбрасываемые в окружающую среду. В табл. 1 приведены данные по РФ на конец XX века, характеризующие общее потребление топлива различными видами транспорта и выбросы ОГ от его сгорания в ДВС. Наибольший вклад в загрязнение атмосферы ОГ вносят ДВС автомобильного и автотракторного назначения [1].

В настоящее время отечественный автомобильный парк ежегодно выбрасывает в окружающую среду 13—15 млн т оксидов углерода и 1,2—1,5 млн т оксидов азота. При этом до 22 % всех выбросов диоксида углерода, около 50 % веществ, вызывающих кислотность атмосферы, и 60—90 % смога приходится на эмиссию вредных веществ с ОГ транспортных средств. Особенно тяжелая экологическая обстановка складывается в крупных городах. Например, в Москве годовые суммарные выбросы вредных веществ автотранспортом достигают 1,7 млн т. Данные о загрязнении атмосферы ДВС, работающими на

Таблица 1

Потребление моторных топлив и выбросы продуктов сгорания ДВС

Вид транспорта	Общая мощность, %	Потребление топлива		Выбросы ОГ в атмосферу	
		%	млн т	%	млн т
Автомобильный	50	56,5	65,0	71,3	21,7
Сельскохозяйственные и лесопромышленные машины	20	23,5	27,0	17,8	5,4
Железнодорожный	16	11,0	12,6	6,3	1,9
Речной флот	8	5,6	6,8	2,6	0,8
Строительно-дорожные машины	4	1,9	2,2	1,3	0,4
Авиация	2	1,2	1,4	0,7	0,2
Итого	100	100	115,0	100	30,4

Таблица 2

Выбросы вредных веществ бензиновыми двигателями и дизелями

Вредные вещества	Выбросы вредных веществ [кг] на 1 т топлива, сжигаемого	
	в бензиновом двигателе	в дизеле
Оксиды азота NO_x	20	33
Монооксид углерода CO	395	9
Углеводороды CH_x	34	20
Оксиды серы SO_x	1,6	6,0
Альдегиды, органические кислоты	1,4	6,1
Твердые частицы	2	16

нефтяных топливах — бензине и дизельном топливе, приведены в табл. 2 [2].

Дизели получают все большее распространение на транспорте. Зарубежные автомобилестроительные фирмы не только устанавливают дизели на грузовых автомобилях большой и средней грузоподъемности, автобусах, которые традиционно оснащаются такими двигателями, но и расширяют применение дизелей на легковых и малой грузоподъемности грузовых автомобилях [3]. Это объясняется тем, что дизели работают на сравнительно недорогом дизельном топливе и отличаются от бензиновых двигателей лучшей топливной экономичностью.

Отработавшие газы дизелей представляют собой сложную многокомпонентную смесь газов, паров, капель жидкостей и дисперсных твердых частиц. Всего ОГ дизелей содержат более 250 компонентов, среди которых можно выделить содержащиеся в воздушном заряде азот N_2 и кислород O_2, продукты полного сгорания топлива (диоксид углерода CO_2 и водяной пар H_2O), вещества, образующиеся в результате термического синтеза из воздуха при высоких температурах (оксиды азота NO_x), продукты неполного сгорания топлива (монооксид углерода CO, углеводороды CH_x, дисперсные твердые частицы, основным компонентом которых является сажа), а также оксиды серы, альдегиды, продукты конденсации и полимеризации [4—7]. Кроме продуктов сгорания топлива, в ОГ дизелей присутствуют продукты сгорания смазочного масла и вещества, образующиеся из присадок к топливу и маслу. В незначительных количествах (1—2 %) ОГ содержат водород H_2 и инертные газы — аргон Ar и др.

Наиболее массовыми компонентами ОГ являются атмосферный азот, диоксид углерода (углекислый газ), пары воды и избыточный кислород. На большинстве эксплуатационных режимов их суммарный объем в ОГ составляет 90—95 %. Из этих основных компонентов лишь углекислый газ относится к слаботоксичным веществам, а остальные не являются токсичными. Объемная концентрация токсичных веществ в ОГ сравнительно невелика и составляет 0,2—2 %. При этом около 80—95 % общей массы токсичных компонентов ОГ приходится на долю пяти основных компонентов: NO_x, CO, CH_x, альдегидов RCHO, диоксида серы SO_2 [1, 8]. Нормируемыми токсичными компонентами ОГ дизелей в соответствии с современными нормативными документами являются NO_x, CO, CH_x и твердые частицы [3, 4, 7]. Нормирование выбросов с ОГ оксидов серы осуществляется косвенно, через ограничение содержания серы в топливе. Наибольшее содержание альдегидов в ОГ отмечается при работе непрогретого двигателя на режимах пуска и холостого хода, имеющих сравнительно небольшую долю в общем распределении режимов работы. Поэтому их содержание в ОГ дизелей, как правило, не нормируется.

Сопоставление токсикологической значимости указанных токсичных компонентов ОГ и нормирование их содержания в ОГ может проводиться с использованием различных методик. Для этой цели используются установленные санитарными нормами СН 245-71 предельные допустимые концентрации (ПДК) токсичных веществ в атмосфере. Разработана трехступенчатая система нормирования, включающая среднесуточную и максимальную разовую ПДК, а также предельную концентрацию вещества в воздухе рабочей зоны (табл. 3) [3, 4, 9]. Применяются классы опасности токсичных веществ и их относительные условные коэффициенты агрессивности, определяемые на основании действующих санитарных норм, а также пороги восприятия запаха (табл. 3). В настоящее время общепринятым является нормирование токсичных выбросов с ОГ транспортных дизелей с использованием норм, разработанных в США, Евросоюзе, Японии и других развитых странах.

Таблица 3

Показатели токсичности компонентов ОГ дизелей и их предельно допустимые концентрации

Компонент ОГ	Класс опасности	Порог восприятия запаха, мг/л	Предельно допустимая концентрация, мг/м^3			Относительный коэффициент агрессивности
			Среднесуточная в атмосфере населенных пунктов	В воздухе рабочей зоны	Максимальная разовая	
Оксиды азота NO_x (в пересчете на NO_2)	2	0,0002—0,008	0,04	2,0	0,085	41,1
Монооксид углерода CO	4	—	3,0	20,0	5,0	1,0
Углеводороды CH_x (в пересчете на C)	2—4	0,0007—0,6	1,5	100	5,0	3,16
Сажа C	3	—	0,05	4,0*	0,15	—
Твердые частицы	—	—	—	—	—	300 (бензины) 200 (ДТ)
Альдегиды RCHO, в том числе:	2—3	0,00007—0,004	0,01—5,0	0,2—5,0	0,01—3,0	—
формальдегид HCHO	2	0,00007—0,004	0,012	0,5	0,035	—
акролеин CH_2CHCHO	2	0,00007	0,03	0,7	0,03	—
Оксиды серы SO_x		—	—	—	—	22
Диоксид серы SO_2	3	0,00087—0,003	0,05	10,0	0,5	—
Триоксид серы SO_3	2	—	—	1,0	—	—
Бенз(а)пирен $C_{20}H_{12}$	1	—	$1 \cdot 10^{-6}$	$15 \cdot 10^{-5}$	—	—

Примечание: "—" — параметр не нормируется или не приведен; ДТ — дизельное топливо.

* Для промышленной сажи с содержанием бенз(а)пирена не более 35 мг/кг

Широкомасштабные исследования по влиянию вредных выбросов с ОГ ДВС на окружающую среду и организм человека начались в 60-х годах XX века в связи с резким ухудшением экологической обстановки в городах с большим скоплением автотранспорта — в первую очередь в крупных городах США (Лос-Анджелес в Калифорнии и др.) [10, 11]. Начиная с принятого в США в 1970 г. закона "Clean Air Act", повсеместно стали вводиться законодательные акты по ограничению загрязнения окружающей среды автомобильными двигателями [12, 13, 14].

Для дизелей наиболее значимыми токсичными компонентами ОГ признаны оксиды азота NO_x и твердые частицы (ТЧ). Динамику ужесточения норм на эмиссию этих токсичных компонентов ОГ для дизелей грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, автобусов и стационарных двигателей в США, Японии и странах Западной Европы можно проследить по данным, приведенным на рис. 1 [15].

В настоящее время в США, Японии, странах Западной Европы введены ограничения, устанавливающие максимально допустимые удельные массовые выбросы с ОГ дизелей следующих токсичных веществ — оксидов азота NO_x, монооксида углерода CO, несгоревших углеводородов CH_x, твердых частиц [1, 3, 16]. В России, кроме ранее действующих отечественных норм (ОСТ 37.001.234—81, ОСТ 37.001.054—86), вводятся и общеевропейские нормы на токсичность ОГ

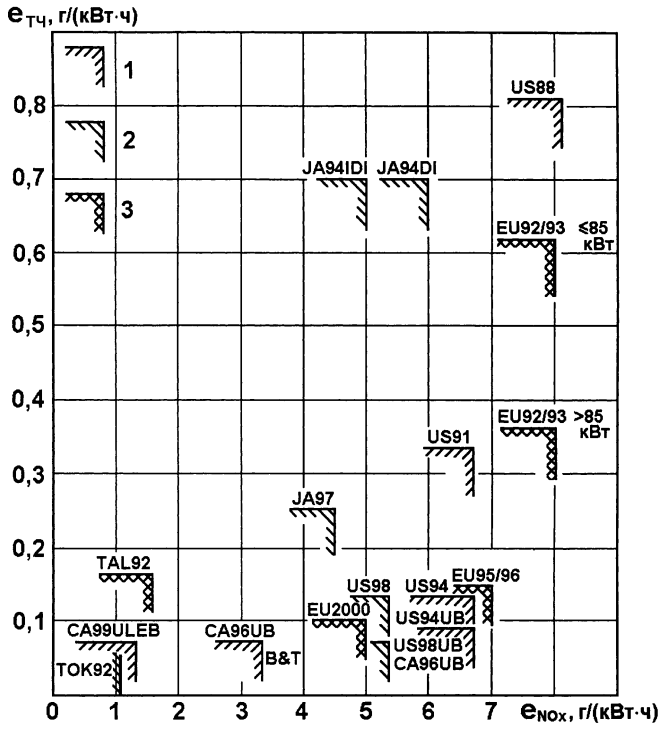


Рис. 1. Динамика ужесточения норм на эмиссию оксидов азота e_{NO_x} и твердых частиц $e_{ТЧ}$ в дизелях грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, автобусов и стационарных двигателях:

1 — США; 2 — Япония; 3 — страны Западной Европы; US, CA, JA, EU — нормы для двигателей грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, а также для автобусов; US = US/EPA — переходный испытательный цикл; CA = US/CARB — переходный цикл; JA — Япония, 13-ступенчатый цикл; EU — Европа, 13-ступенчатый цикл ECE R49; TAL = TA-Luft — Германия, стационарные двигатели; TOK = Tokyo Metropolitan Area — для территории Токийского метрополитена, стационарные двигатели; UB = Urban Bus — городской автобус; ULEB = Ultra Low Emission Bus — автобус со сверхнизкой эмиссией вредных веществ; B & T = Banking and Trading Participation in NO_x — участие банков и торговли в выбросах NO_x

транспортных дизелей. Эти нормы ограничивают эмиссии NO_x, CO, CH_x, ТЧ. Предельные нормы токсичных выбросов с ОГ дизелей серийных автомобилей полной массой до 3,5 т приведены в табл. 4. Аналогичные нормы для дизелей серийных автомобилей полной массой более 3,5 т представлены в табл. 5. Введены ограничения и на дымность ОГ — Правила ЕЭК OOHR24-03 (табл. 6) [1, 3, 9].

Следует отметить, что в разных странах применяются различные методы контроля токсичности и дымности ОГ. Эти методы отличаются программами испытаний, моделирующими основные режимы работы автотракторного или транспортного дизеля в типичных условиях экс-

Таблица 4

Нормы токсичных выбросов с ОГ двигателей (дизелей) серийных автомобилей полной массой до 3,5 т

Нормативный документ	Год введения		Нормы выбросов, г/км		
	в Европе	в России	CO	CH_x + + NO_x	ТЧ
ОСТ 37.001.054-86	—	1990	13,33	4,94	—
Правила ЕЭК ООН R 83-02 (Евро-1)	1993	1999	2,72	0,97	0,14
Правила ЕЭК ООН R 83-03 (Евро-2)	1997	2006	1,00	0,70	0,08
Правила ЕЭК ООН R 83 (Евро-3)	2000	2008	0,64	0,56	0,05
Евро-4	2005	2010	0,50	0,30	0,025

Примечание: "—" — параметр не нормируется.

Таблица 5

Нормы токсичных выбросов с ОГ дизелей серийных автомобилей полной массой более 3,5 т

Нормативный документ	Год введения		Нормы выбросов, г/(кВт · ч)			
	в Европе	в России	CO	CH_x	NO_x	ТЧ
ОСТ 37.001.234—81	—	1982	9,5	3,4	18,35	—
Правила ЕЭК ООН R 49	1989	1995	14,0	3,5	18,0	—
Правила ЕЭК ООН R 49-01 (Евро-0)	1990	1996	11,2	2,4	14,4	—
Правила R 49-02A (Евро-1)	1993	1999	4,5	1,1	8,0	0,36
Правила R 49-02B (Евро-2)	1996	2006	4,0	1,1	7,0	0,15
Евро-3	2000	2008	2,0	0,6	5,0	0,10
Евро-4	2005	2010	1,5	0,5	3,5	0,08
Евро-5	2008	2012	1,0	0,46	2,0	0,05
Евро-6	2010	—	1,0	0,25	2,0	0,02

Примечание: "—" — параметр не нормируется.

Таблица 6

Нормы дымности ОГ дизелей

Нормативный документ	Год введения	По внешней скоростной характеристике, $K_{х\,вн}$	При свободном ускорении, $K_{х\,су}$
ГОСТ 17.2.2.01—84	1985	$K_{х\,вн} \leqslant 60—34$ % (в зависимости от расхода ОГ)	Для дизелей без наддува $K_{х\,су} \leqslant K_{х\,вн}$, % Для дизелей с наддувом $K_{х\,су} \leqslant 1{,}1K_{х\,вн}$, %
Правила ЕЭК ООН R 24-02	1986	$K_{х\,вн} \leqslant 60—34$ % или $K_{х\,вн} \leqslant$ $\leqslant 2{,}26—1{,}065$ м$^{-1}$ (в зависимости от расхода ОГ)	$K_{х\,су} \leqslant K_{х\,вн} + 0{,}5$, м$^{-1}$

плуатации, а также применяемой измерительной аппаратурой и методиками отбора проб. При оценке токсичности ОГ используют два принципиально различных метода исследований: испытания на установившихся режимах при постоянстве параметров двигателя и испытания на переходных режимах во время изменения этих параметров.

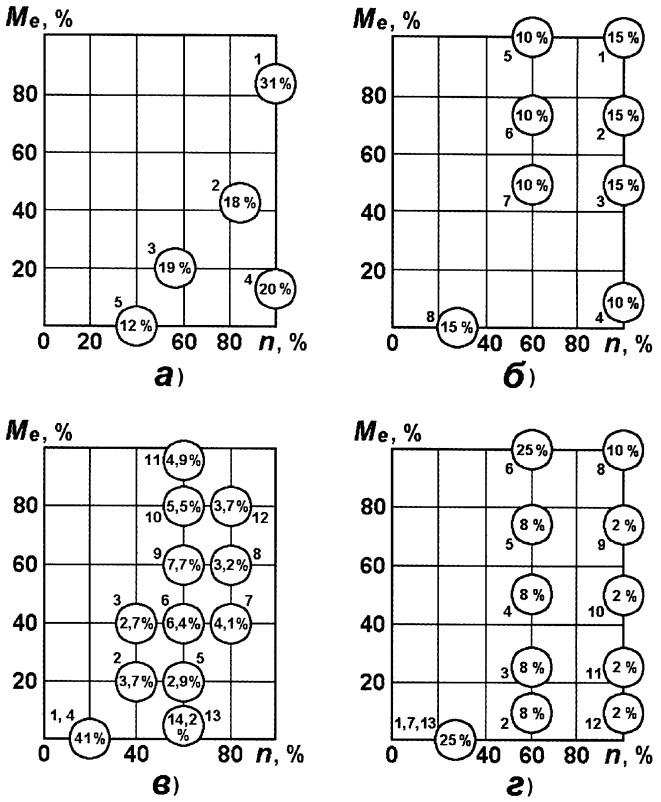


Рис. 2. Стационарные циклы, используемые для оценки токсичности ОГ в стендовых условиях для дизелей грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, автобусов и сельскохозяйственной техники:

а — пятирежимный цикл для дизелей сельскохозяйственной техники (Германия); б — восьмирежимный цикл для двигателей внедорожных автомобилей (нормы UCO 8178 C1); в — 13-ступенчатый цикл для грузовых автомобилей большой грузоподъемности (Япония); г — европейский 13-ступенчатый цикл (нормы ECE R49): 1—13 — число нагрузочных режимов; цифры в кружках — время работы в процентах

Дизели грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, автобусов и сельскохозяйственной техники испытывают на установившихся режимах. При этом используются различные испытательные циклы (рис. 2), в той или иной мере отражающие реальные распределения режимов работы дизеля.

В Германии разработан пятирежимный испытательный цикл применительно к двигателям сельскохозяйственной техники (рис. 2, а) [17]. Основным режимом этого цикла (31 % времени работы) является режим с номинальной частотой вращения n и большой нагрузкой (около 85 % полной нагрузки). Исследуется и режим холостого хода при частоте вращения коленчатого вала $n = 0{,}4\,n_{ном}$ (12 % времени работы). Этот цикл не узаконен, но в ряде случаев он используется для оценки токсичности ОГ дизелей сельскохозяйственных тракторов.

Для испытаний дизелей внедорожных автомобилей существует восьмирежимный цикл (рис. 2, б) [17]. Он используется при оценке соответствия показателей токсичности ОГ этих двига-

телей нормам UCO 8178 C1 (Германия). Этот цикл наряду с режимом холостого хода при $n = 0{,}3\ n_{ном}$ (15 % времени работы) включает семь нагрузочных режимов при двух частотах вращения коленчатого вала: $n_{ном}$ и $n = 0{,}6n_{ном}$. Причем доля номинального режима составляет 15 % общего времени работы двигателя.

В Японии для исследования дизелей большой мощности грузовых автомобилей полной массой свыше 2,5 т используется 13-ступенчатый испытательный цикл (D13 Mode Test), показанный на рис. 2, в [18, 19]. Основными режимами этого цикла являются два режима холостого хода при частоте вращения коленчатого вала $n = 0{,}3n_{ном}$ (всего 41 % времени работы). Остальные одиннадцать режимов цикла соответствуют нагрузочным режимам при трех частотах вращения коленчатого вала: n, равной 0,4, 0,6 и 0,8 $n_{ном}$. При этом методика отбора проб ОГ, а также последовательность рабочих точек отличается от европейского 13-ступенчатого цикла, поскольку из-за высокой плотности дорожного движения в Японии нагрузочные режимы смещены в область более низких частот вращения коленчатого вала и нагрузок на двигатель.

В Европе дизели грузовых автомобилей грузоподъемностью более 3,5 т (для автобусов с числом посадочных мест свыше 9) до 2000 г. испытывались в стендовых условиях на установившихся режимах, соответствующих режимам 13-ступенчатого цикла ECE R49 (рис. 2, г) [1, 17, 18]. Этот испытательный цикл включает 13 установившихся режимов: три режима холостого хода с минимальной частотой вращения коленчатого вала — $n = (0{,}25—0{,}3)\ n_{ном}$ (всего 25 % времени работы), пять нагрузочных режимов (10, 25, 50, 75, 100 % нагрузки) при номинальной частоте вращения $n_{ном}$ и пять нагрузочных режимов (10, 25, 50, 75, 100 % нагрузки) при частоте вращения $n_{M_{max}} = (0{,}6—0{,}7)\ n_{ном}$, соответствующей максимальному крутящему моменту двигателя. Доля номинального режима составляет 10 % общего времени работы двигателя. В конце каждого из режимов продолжительностью 10 мин определяются средние значения концентраций NO_x, CO, CH_x, ТЧ в ОГ и эффективная мощность N_e.

При оценке интегральной токсичности ОГ двигателя на режимах такого 13-ступенчатого цикла на каждом режиме определяются концентрации в ОГ токсичных компонентов (C_{NO_x}, C_{CO}, C_{CH_x}, $C_{ТЧ}$) и рассчитываются их часовые массовые выбросы (E_{NO_x}, E_{CO}, E_{CH_x}, $E_{ТЧ}$). Полученные значения вредных выбросов суммируют за весь цикл по каждому компоненту (с учетом коэффициентов K_i, отражающих долю времени каждого режима) и затем делением на условную среднюю мощность дизеля за испытательный цикл $\Sigma(N_{ei}K_i)$ определяют удель-

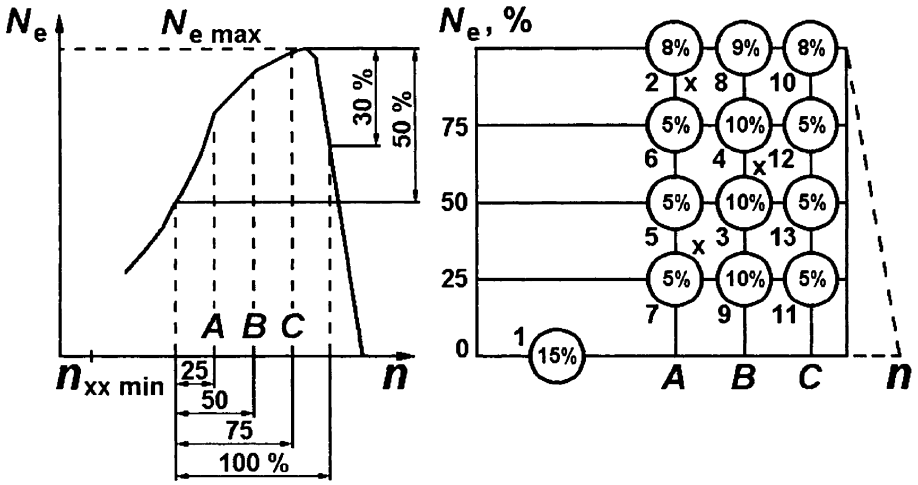


Рис. 3. Новый европейский 13-ступенчатый цикл EST для испытаний грузовых автомобилей большой грузоподъемности (нормы Евро-3):

x — измерение NO_x в трех произвольных рабочих точках

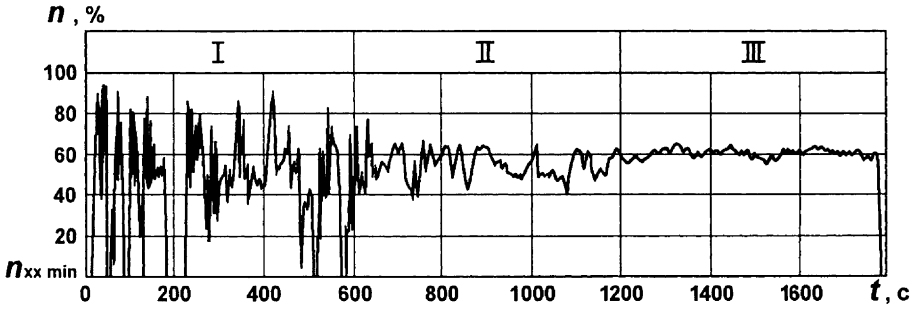


Рис. 4. Ездовой нестационарный цикл ETC для испытаний грузовых автомобилей большой грузоподъемности (нормы Евро-3):

I — городской цикл; II — внегородской цикл; III — автомагистраль

ные выбросы вредных веществ по формулам [1, 3]:

$$\left.\begin{aligned} e_{NO_x} &= \sum_{i=1}^{13}(E_{NO_x}K_i)/\sum_{i=1}^{13}(N_{ei}K_i);\\ e_{CO} &= \sum_{i=1}^{13}(E_{CO}K_i)/\sum_{i=1}^{13}(N_{ei}K_i);\\ e_{CH_x} &= \sum_{i=1}^{13}(E_{CH_x}K_i)/\sum_{i=1}^{13}(N_{ei}K_i);\\ e_{ТЧ} &= \sum_{i=1}^{13}(E_{ТЧ}K_i)/\sum_{i=1}^{13}(N_{ei}K_i). \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Полученные значения удельных выбросов токсичных компонентов, отнесенные к единице вырабатываемой мощности (e_{NO_x}, e_{CO}, e_{CH_x}, $e_{ТЧ_x}$), сравниваются с предельно допустимыми нормами (табл. 5).

При введении норм Евро-3 (октябрь 2000 г.) установлен новый 13-ступенчатый цикл ESC (European Steady State Cycle) с измененными рабочими точками (рис. 3) [18]. Рабочие точки определяются с учетом нагрузки двигателя на режимах внешней скоростной характеристики. Методика расчета интегральных удельных выбросов токсичных компонентов в основном сохранена такой же, как и в 13-ступенчатом цикле ECE R49. Но при сертификации двигателя в тестовой области дополнительно проводятся три измерения C_{NO_x} на произвольных режимах, отмеченных на рис. 3 крестиками. Уровни эмиссии NO_x на этих трех режимах должны лишь незначительно отличаться от значений, полученных на ближайших из обязательных режимов 13-ступенчатого цикла.

Сертификация на выполнение норм Евро-3, наряду со стационарным испытательным циклом ESC, предполагает использование теста ETC (European Transient Cycle), предусматривающего испытания двигателей в течении 30 мин на переходных режимах, имитирующих условия движения транспортного средства по городским, загородным дорогам и по автомагистрали (рис. 4) [18]. Тест ETC применяется только для грузовых автомобилей с устройствами очистки ОГ — нейтрализатором NO_x и фильтром частиц. Начиная с норм Евро-4 (октябрь 2005 г.) двигатели проходят обязательную сертификацию по обоим испытательным циклам. Дополнительно для определения непрозрачности ОГ предполагается использование теста ELR (European Load Response). Причем все европейские испытательные циклы начинаются с испытания предварительно прогретого двигателя.

Для определения интегральных показателей токсичности ОГ бензиновые двигатели и дизели транспортных средств небольшой грузоподъемности испытывают на переходных режимах по так называемым ездовым циклам. В ряде случаев ездовые циклы используют и для оценки токсичности ОГ дизелей грузовых автомобилей. Некоторые из этих ездовых циклов представлены на рис. 5 [16, 18, 19].

В США, начиная с 1987 г., двигатели грузовых автомобилей большой грузоподъемности испытываются по нестационарному ездовому циклу (Transient Cycle, рис. 5, а) [18]. Цикл реализуется на

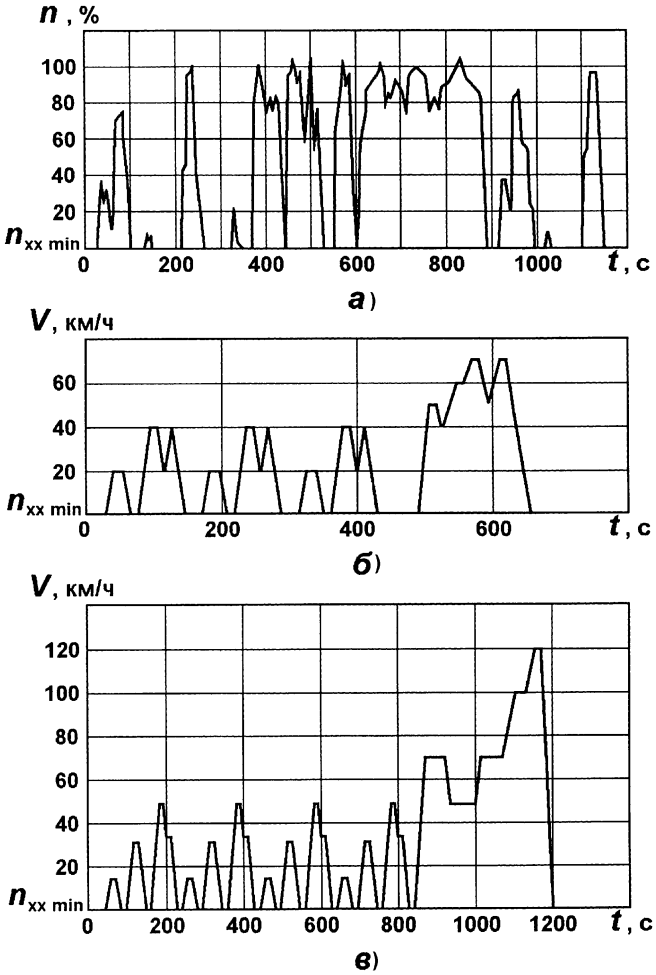


Рис. 5. Ездовые нестационарные циклы для оценки токсичности ОГ дизелей:

а — Transient Cycle (США); б — 10—15 — режимный тестовый цикл (Япония); в — ездовой цикл NEDC (Европа)

моторном испытательном стенде с беговыми барабанами с холодным пуском двигателя. Этот цикл соответствует работе двигателя при реальном дорожном движении и отличается от европейского цикла ETC (см. рис. 4) значительно большей продолжительностью работы на режиме холостого хода. Кроме этого исследования, дымность ОГ оценивается в отдельном тесте (Federal Smoke Cycle) на динамических и квазистатических режимах.

В Японии для легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности (полной массой менее 2,5 т) используется динамический 10—15-режимный тестовый цикл (см. рис. 5, б) [18, 19]. Данный цикл продолжительностью 660 с, имитирующий характерные условия движения транспорта в Токио, проводится один раз с пуском прогретого двигателя. Причем первые три цикла теста с максимальной скоростью движения $V = 40$ км/ч имеют 10 режимов, а последний цикл с максимальной скоростью движения $V = 70$ км/ч — 15 режимов.

Этот тест предусматривает предварительное термотестирование на режиме холостого хода при $n = n_{xx\ min}$, которое происходит по следующей схеме: после 15 мин движения автомобиля при скорости $V = 60$ км/ч в выпускном тракте двигателя измеряются концентрации CH_x, CO и CO_2. После дальнейшего движения в течение 5 мин при скорости $V = 60$ км/ч начинается 10—15-режимный тест. Анализ содержания токсичных компонентов в ОГ производится по методу CVS: разбавленные отфильтрованным окружающим воздухом ОГ собираются в одну емкость. Массовые доли вредных веществ, содержащихся в собранных ОГ, относят к пройденному пути, т. е. пересчитываются в г/км.

В Европейских странах для оценки токсичности ОГ серийных легковых и автомобилей грузовых полной массой до 3,5 т применяют ездовой цикл NEDC (New European Driving Cycle), представленный на рис. 5, в [1, 7, 18]. Этот цикл продолжительностью 1220 с состоит из двух частей. Первая часть цикла — городской ездовой цикл UDC (Urban Driving Cycle) с максимальной скоростью движения $V = 50$ км/ч включает четыре последовательных ездовых цикла и имитирует условия движения автомобиля по городу. Вторая часть цикла — скоростной внегородской цикл EUDC (ExtraUrban Driving Cycle) с максимальной скоростью движения $V = 120$ км/ч имитирует условия движения автомобиля по магистрали. В ездовом цикле NEDC автомобиль испытывается на беговых барабанах после пуска холодного двигателя и его прогрева на режиме холостого хода в течение 40 с. В процессе испытаний все ОГ собираются в емкости по методу CVS. Массовые доли вредных веществ, определенные при анализе ОГ, собранных в емкость в процессе всего цикла испытаний, относят к пройденному пути (11 км). Определенные таким образом удельные массовые выбросы токсичных компонентов [г/км] сравниваются с предельно допустимыми нормами (см. табл. 4).

Начиная со стандарта Евро-3 (2000 г.) вместо ездового цикла NEDC используется модифицированный ездовой цикл MNEDC (Modified New European Driving Cycle), в котором отменена предварительная работа двигателя в течение 40 с до начала измерения ОГ. При этом холодный пуск

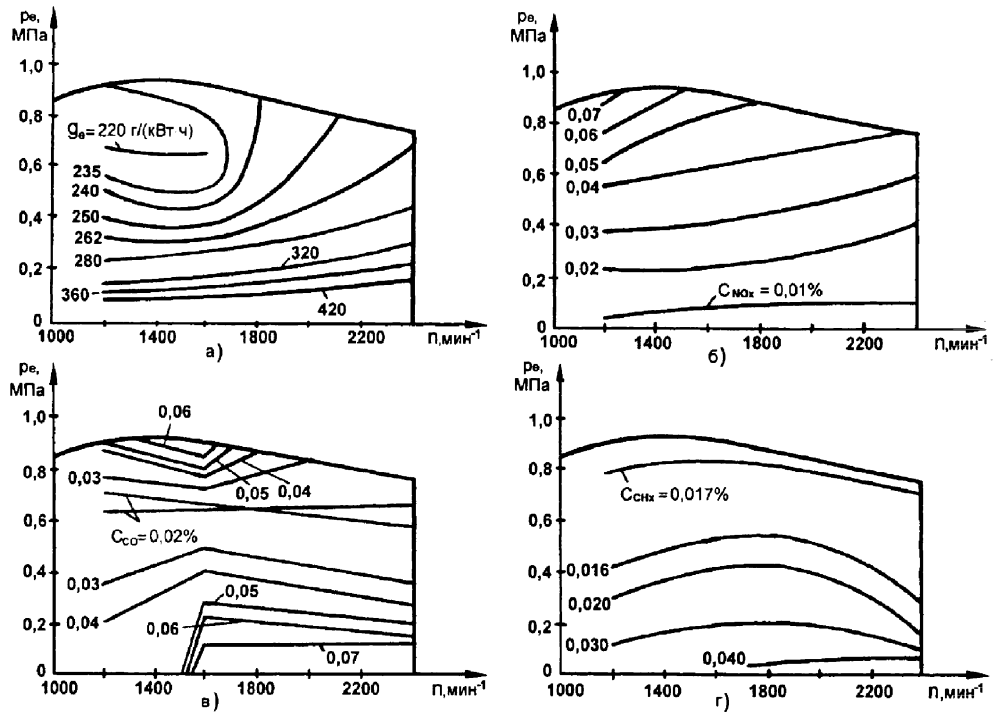


Рис. 6. Зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e (а), концентраций в ОГ оксидов азота C_{NO_x} (б), монооксида углерода C_{CO} (в) и несгоревших углеводородов C_{CH_x} (г) дизеля Д-245.12С от частоты вращения *n* и нагрузки (среднего эффективного давления p_e) при УОВТ θ = 12° угла поворота коленчатого вала до ВМТ

включен в программу теста. Испытываемое транспортное средство должно быть выдержано при температуре 20—30 °С минимум 6 ч.

Следует отметить, что действующие в настоящее время в России нормы Евро-3 на токсичность ОГ, введенные в 2008 г., являются достаточно жесткими и обеспечиваются лишь при внедрении ряда мероприятий, позволяющих снизить токсичность ОГ. В частности, дизель Д-245.12С (4ЧН 11/12,5) Минского моторного завода, устанавливаемый на грузовые автомобили малой грузоподъемности ЗИЛ-5301 "Бычок", имеет характеристики токсичности ОГ, показанные на рис. 6 [20]. Пересчет представленных на рис. 5 данных с использованием выражений (1) показал, что при работе этого дизеля на режимах 13-ступенчатого цикла (см. рис. 2, г) удельное содержание оксидов азота составило $e_{NO_x} = 5{,}0$ г/(кВт · ч), монооксида углерода $e_{CO} = 4{,}0$ г/(кВт · ч), несгоревших углеводородов $e_{CH_x} = 0{,}7$ г/(кВт · ч), что удовлетворяет лишь требованиям норм Евро-2, но не обеспечивает требований норм Евро-3. Это объясняется отсутствием на этом двигателе промежуточного охлаждения наддувочного воздуха, устройства управления углом опережения впрыскивания топлива (УОВТ), электронного регулятора частоты вращения (использован центробежный регулятор) и др.

Приведенные данные по экологическим показателям дизеля Д-245.12С свидетельствуют о необходимости внедрения в отечественное двигателестроение средств и методов снижения токсичности ОГ. Разработка мероприятий по уменьшению токсичности ОГ может проводиться по следующим направлениям (рис. 7) [3, 21, 22].

1. Совершенствование конструкции двигателя.

2. Учет эксплуатационных факторов.

3. Применение нетрадиционных топлив.

Рис. 7. Схема основных средств и методов снижения токсичности ОГ

Конструкция двигателя в значительной степени предопределяет токсичность его ОГ. К наиболее значимым конструктивным факторам следует отнести способ смесеобразования и тип камеры сгорания (КС), рабочий объем цилиндра и степень сжатия, уровень форсирования двигателя, параметры воздушного заряда и системы охлаждения, конструкция систем топливоподачи, воздухоснабжения, газораспределения, рециркуляции ОГ, наличие устройств и систем очистки ОГ. Не менее значимым фактором влияния на экологические показатели дизелей являются способы управления параметрами дизеля (цикловой подачей топлива, УОВТ, подачей топлива, давлением впрыскивания, давлением наддувочного воздуха, фазами газораспределения, рециркуляцией ОГ и др.), формируемые перечисленными системами двигателя. Изменение и корректировка этих способов управления возможны при оснащении двигателей электронными системами управления.

При оптимизации перечисленных конструктивных факторов и способов управления параметрами улучшается качество рабочего процесса в широком диапазоне режимов работы двигателя и снижается токсичность его ОГ. Снижение токсичности ОГ дизелей достигается и при установке в выпускной системе дополнительных технических средств, обеспечивающих физико-химическую очистку ОГ. К этому направлению снижения токсичности относится применение нейтрализаторов и фильтров различной конструкции. Указанный метод снижения токсичности заключается в очистке ОГ дизелей от уже образовавшихся токсичных компонентов. С помощью этих устройств удается значительно снизить выбросы продуктов неполного сгорания топлива — монооксида углерода, углеводородов, твердых частиц (сажи). Применяются восстановительные нейтрализаторы, эффективные при очистке ОГ от наиболее значимых токсичных компонентов ОГ — оксидов азота.

Улучшение экологических показателей дизелей путем совершенствования их конструкции возможно только на стадии создания новых дизелей. Существенным резервом улучшения названных показателей является и учет эксплуатационных факторов, среди которых можно отметить режимы работы двигателя, его техническое состояние и факторы окружающей среды, качество моторного масла и его расход на угар, качество применяемого топлива. Этот учет также может быть обеспечен с использованием различных систем автоматического регулирования и управления (САР и САУ) параметрами двигателя. В этом случае применение САР и САУ позволяет существенно улучшить экологические показатели дизелей путем обеспечения их работы на оптимальных режимах, диагностики технического состояния дизеля, корректирования способов управления в зависимости от параметров окружающего воздуха и свойств используемого топлива.

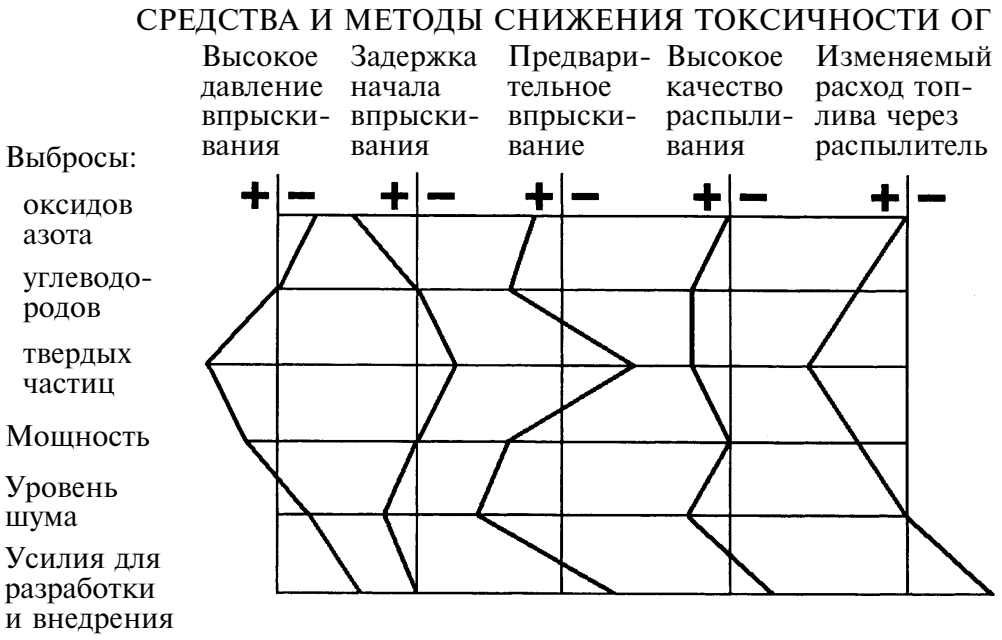


Рис. 8. Влияние различных технических решений на показатели дизеля:

"+" — положительное влияние; "−" — отрицательное

Снижение токсичности ОГ может быть достигнуто и при использовании различных нетрадиционных видов топлив (облегченных нефтяных и альтернативных топлив, газовых топлив), а также при подаче воды в цилиндры двигателя. Рассмотрим подробнее некоторые из указанных направлений снижения токсичности ОГ дизелей транспортного назначения.

Наиболее простым и эффективным средством воздействия на рабочий процесс дизеля с целью улучшении его экологических показателей является совершенствование процесса топливоподачи. Это объясняется тем, что процессы топливоподачи, распыливания и смесеобразования в значительной степени предопределяют характер протекания последующего процесса сгорания. Кроме того, основная масса токсичных компонентов представляет собой продукты сгорания топлива. Для решения задачи снижения токсичности ОГ необходимо обеспечить оптимальное значение коэффициента избытка воздуха на данном режиме, высокое давление впрыскивания топлива, позволяющее повысить качество распыливания топлива (или применить другие способы улучшения распыливания), реализовать управление УОВТ, позволяющее на ряде режимов установить задержку начала впрыскивания, и управление подачей топлива путем изменения расхода топлива через распылитель, реализации предварительного впрыскивания и др. Каждое из указанных мероприятий имеет свои преимущества и недостатки (рис. 8) [3], однако возможно нахождения компромиссных решений при совместной реализации этих мероприятий и использовании ряда других технических решений (организация рециркуляции ОГ, управление параметрами системы воздухоснабжения и др.).

Этот вывод подтверждается обобщенными зависимостями изменений концентрации оксидов азота, сажи и удельного эффективного расхода топлива в ОГ дизелей от коэффициента избытка воздуха α (рис. 9), максимального давления впрыскивания топлива, т. е. максимального давления в подыгольной полости форсунки $p_{ф\,max}$ (рис. 10),

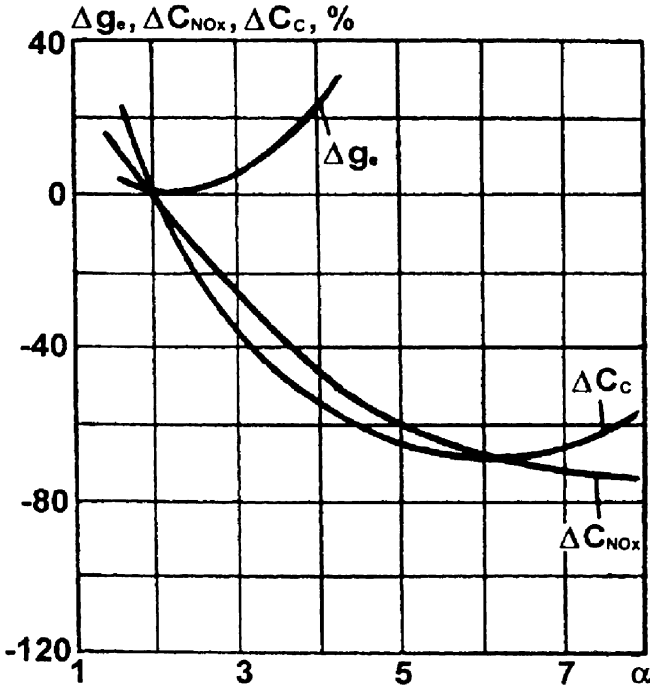


Рис. 9. Обобщенная зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e и концентраций в ОГ дизелей оксидов азота C_{NO_x} и сажи C_C от коэффициента избытка воздуха α при работе по нагрузочной характеристике на номинальном скоростном режиме

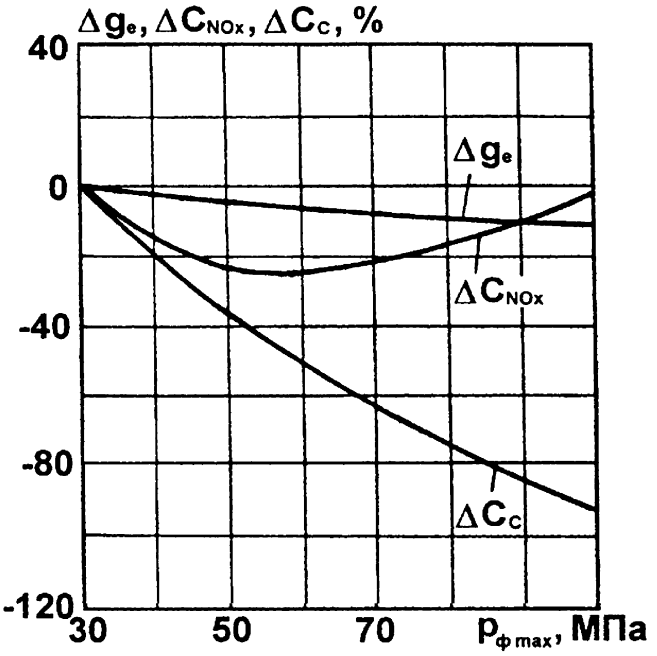


Рис. 10. Обобщенная зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e и концентраций в ОГ дизелей оксидов азота C_{NO_x} и сажи C_C от максимального давления впрыскивания топлива $p_{ф\,max}$ при работе на номинальном режиме

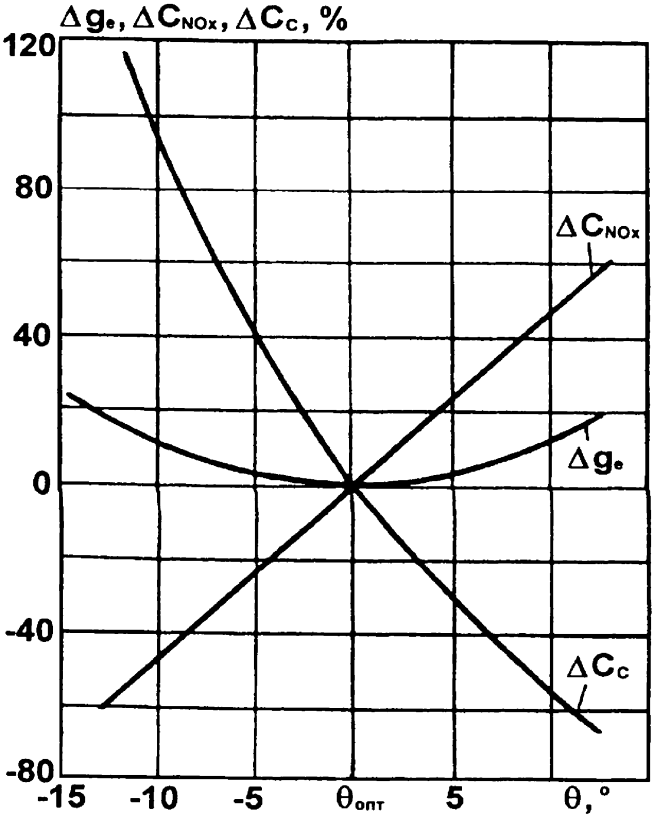


Рис. 11. Обобщенная зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e и концентраций в ОГ дизелей оксидов азота C_{NO_x} и сажи C_C от УОВТ (θ — угол поворота коленчатого вала до ВМТ при работе на номинальном режиме, $\theta_{опт}$ — оптимальный угол с точки зрения топливной экономичности УОВТ)

УОВТ (рис. 11) и степени рециркуляции ОГ $\rho_р$ (рис. 12).

Непременным условием достижения наилучших показателей токсичности ОГ является обеспечение оптимальных значений коэффициента избытка воздуха α на каждом режиме работы дизеля. На величину α можно воздействовать изменением либо цикловой подачи топлива, либо подачи воздуха. Второй путь более предпочтителен, поскольку цикловая подача топлива предопределяет мощностные показатели дизеля. При этом коэффициент избытка воздуха α определяет состав смеси в КС, полноту и температуры ее сгорания.

Зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e от коэффициента α имеет выраженный минимум примерно при $\alpha = 2$ (рис. 9). При $\alpha < 2$ ухудшаются качество рабочего процесса, показатели топливной экономичности и токсичности

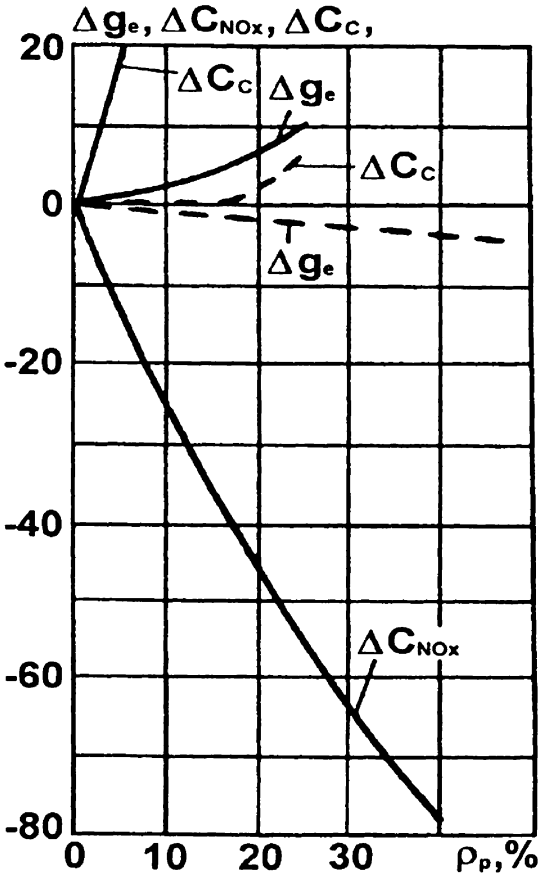


Рис. 12. Обобщенная зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e и концентраций в ОГ дизелей оксидов азота C_{NO_x} и сажи C_C от степени рециркуляции ОГ ρ_p:

сплошные линии — при работе на режиме с полной нагрузкой; штриховые линии — на режиме с частичной нагрузкой (около 50 % от полной)

ОГ. При $\alpha > 2$ снижаются температуры сгорания и содержание в ОГ оксидов азота, но ухудшается топливная экономичность. Так, при возрастании α до 2—3 расход топлива g_e увеличивается на 10 %, концентрация оксидов азота и сажи падает на 35 и 40 % соответственно. Следует, однако, отметить, что концентрация оксидов азота зависит не только от общего коэффициента избытка воздуха, но и от его локальных значений. Зависимости содержания продуктов неполного сгорания топлива (в том числе сажи C_c) Q от коэффициента избытка воздуха имеют выраженный минимум при $\alpha = 4$—6 (см. рис. 9). Увеличение их эмиссии при больших значениях α объясняется ухудшением качества смесеобразования при малых цикловых подачах топлива.

В качестве одного из эффективных методов снижения токсичности ОГ рассматривается интенсификация процесса топливоподачи, т. е. повышение давления впрыскивания, которое определяет такие важные параметры струи топлива, как ее дальнобойность, угол конуса, дисперсность распыливания. При этом первые два параметра определяют степень охвата струей пространства КС. В частности, длина струи влияет на протекание пристеночных процессов. Дисперсность же распыливания определяет динамику испарения топлива, от которой зависит скорость тепловыделения. Увеличение давления впрыскивания позволяет, кроме того, уменьшить общую продолжительность топливоподачи, что создает предпосылки для своевременного выделения теплоты при сгорании топлива во время нахождения поршня вблизи ВМТ. В качестве параметра, определяющего уровень давлений впрыскивания, обычно рассматривается максимальное давление впрыскивания ($p_{ф\,max}$). Ряд зарубежных фирм (R. Bosch, Caterpillar, AVL, Delphy и др.) разработали системы топливоподачи, в которых это давление достигает 130—160 МПа и выше. Однако в отечественных транспортных дизелях до недавнего времени данный параметр, как правило, составлял 30—40 МПа и лишь в связи с введением современных нормативных документов на токсичность ОГ стал возрастать.

Повышение давления впрыскивания в диапазоне $p_{ф\,max} \approx 30$—100 МПа позволяет более равномерно распределять топливо по объему КС, ликвидировать локальные зоны с низким значением α и обеспечить тем самым более полное сгорание. В результате показатели топливной экономичности и эмиссии продуктов неполного сгорания топлива улучшаются (см. рис. 10). Например, удельный расход топлива снижается на 10 %, а содержание сажи в ОГ — на 90 %. Причем снижение расхода топлива g_e наблюдается и дальше —

до давления $p_{ф\,max}$ = 140—160 МПа. Однако при дальнейшем повышении давления $p_{ф\,max}$ отмечается резкое увеличение затрат энергии на привод топливной аппаратуры и как результат — повышение расхода топлива.

Более сложная зависимость характерна для концентраций в ОГ оксидов азота. Так, при повышении давления $p_{ф\,max}$ с 30 до 50 МПа содержание в ОГ оксидов снижается на 25 %. Это объясняется выравниванием локальных температур по объему КС. При дальнейшем увеличении давления $p_{ф\,max}$ до 100 МПа становится заметна тенденция к росту содержания оксидов (см. рис. 10). Причем данная тенденция, обусловленная ростом среднемассовых температур сгорания, при дальнейшем увеличении давления $p_{ф\,max}$ сохраняется.

Выбросы нормируемых токсичных компонентов ОГ и топливная экономичность дизеля сильно зависят от УОВТ. Так, при позднем впрыскивании содержание в ОГ оксидов азота уменьшается, а продуктов неполного сгорания, наоборот, растет. Это объясняется снижением максимальных температур сгорания, уменьшением времени, отводимого на процессы окисления продуктов сгорания. Одновременно ухудшается топливная экономичность процесса (см. рис. 11).

При работе дизеля на номинальном режиме УОВТ оказывает наибольшее влияние на концентрацию оксидов азота и сажи. Изменение УОВТ всего лишь на 1° угла поворота коленчатого вала изменяет эмиссию этих компонентов ОГ на 5—10 %, причем в противоположных направлениях (см. рис. 11). При этом зависимость расхода топлива g_e от УОВТ выражена менее ярко и имеет оптимум. В дизелях с неразделенными КС, работающих на номинальном режиме, отклонение УОВТ на 10 ° угла поворота коленчатого вала от его оптимального значения в любом направлении ухудшает топливную экономичность на 10 %.

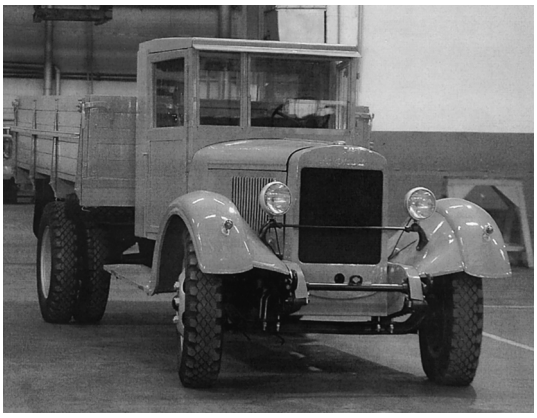
В качестве одного из наиболее действенных методов снижения эмиссии оксидов азота рассматривается рециркуляция ОГ, т. е. возвращение некоторой их части в цилиндры дизеля. Идея такого разбавления свежего заряда отработавшими газами довольно проста: вследствие содержания в газах химически инертного диоксида углерода (углекислый газ) отодвигается во времени начало сгорания и замедляется его развитие, что приводит к снижению температуры сгорания и, следовательно, эмиссии оксидов азота. Но необходимо учитывать, что при организации рециркуляции в топливовоздушной смеси содержится меньше кислорода. Следовательно, неизбежны снижение топливной экономичности и рост концентрации в ОГ продуктов неполного сгорания топлива, в том числе сажи. Из рис. 12 следует, что при степени рециркуляции $\rho_р$ = 25 % в дизеле, работающем на режиме с полной нагрузкой, концентрация оксидов азота в ОГ уменьшается на 55 %, а возрастают содержание сажи на 100 % и расход топлива g_e — на 10 %. Но поскольку при рециркуляции количество ОГ, выбрасываемых в окружающую среду, уменьшается, поэтому при степени рециркуляции 25 % выброс оксидов азота уменьшается не на 55 %, а на 73 %, а эмиссия сажи возрастает не на 100 %, а на 75 %.

Проведенный анализ экологических показателей ДВС и способов их улучшения позволяет более целенаправленно подойти к проблеме снижения токсичности ОГ отечественных транспортных дизелей и определить основные направления снижения токсичных выбросов в окружающую среду и достижения требуемых современными нормативными документами показателей токсичности ОГ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Грехов, Л. В.** Системы топливоподачи и управления дизелей: учебник для вузов. 2-е изд. [Текст] / Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко, В. А. Марков — М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. — 344 с.
2. **Лыков, О. П.** Природный и попутный газ как моторное топливо [Текст] / О. П. Лыков // Химия и технология топлив и масел. — 1999. — № 6. — С. 3—7.
3. **Марков, В. А.** Токсичность отработавших газов дизелей [Текст] / В. А. Марков, Р. М. Баширов, И. И. Габитов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 376 с.
4. **Горбунов, В. В.** Токсичность двигателей внутреннего сгорания [Текст] / В. В. Горбунов, Н. Н. Патрахальцев. — М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 1998. — 216 с.
5. **Гутаревич, Ю. Ф.** Охрана окружающей среды от загрязнения выбросами двигателей [Текст] / Ю. Ф. Гутаревич. — Киев: Урожай, 1989. — 224 с.
6. **Звонов, В. А.** Токсичность двигателей внутреннего сгорания [Текст] / В. А. Звонов. — М.: Машиностроение, 1981. — 160 с.
7. **Кульчицкий, А. Р.** Токсичность автомобильных и тракторных двигателей [Текст] / А. Р. Кульчицкий. — Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 2000. —256 с.
8. **Смайлис, В. И.** Современное состояние и новые проблемы экологии дизелестроения [Текст] / В. И. Смайлис // Двигателестроение. — 1991. — № 1. — С. 3—6.
9. **Кутенев, В. Ф.** Научно-технические проблемы улучшения экологических показателей автотранспорта [Текст] / В. Ф. Кутенев, В. А. Звонов, Г. С. Корнилов // Автомобильная промышленность. — 1998. — № 11. — С. 7—11.
10. **Beckman E. W., Fagley W. S., Sarto J. O.** Exhaust Emission Control by Chrysler. The Cleaner Air Package // SAE Technical Paper Series. — 1966. — № 660654. — 7 p.

11. **Springer K. J., Dietzmann H. E.** Diesel Exhaust Hydrocarbon Measurement — a Flame Lonization Method // SAE Technical Paper Series. — 1970. — № 700106. — 9 p.
12. **Лиханов, В. А.** Снижение токсичности автотракторных дизелей [Текст] / В. А. Лиханов, А. М. Сайкин. — М.: Колос, 1994. — 224 с.
13. **Стандарты** на состав отработавших газов тракторных и комбайновых дизелей / А. Р. Кульчицкий, А. Г. Коротнев, И. В. Денисенко и др. // Двигателестроение. — 1996. — № 1. — С. 13.
14. **Филипосянц, Т. Р.** Пути снижения вредных выбросов отработавшими газами автомобильных двигателей [Текст] / Т. Р. Филипосянц, А. П. Кратко, М. В. Мазинг. — М.: НИИНавтопром, 1979. — 65 с.
15. **Kapus P., Ofner H.** Development of Fuel Injection Equipment and Combustion System for DI Diesels Operated on Dimethyl Ether // SAE Technical Paper Series. — 1991. — № 950062. — P. 1—18.
16. **Морозов, К. А.** Токсичность автомобильных двигателей [Текст] / К. А. Морозов. — М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2000. — 79 с.
17. **Krahl J., Vellguth G., Munack A.** et al. Exhaust Gas Emissions and Environmental Effects by Use of Rape Seed Oil Based Fuels in Agricultural Tractors // SAE Technical Paper Series. — 1996. — № 961847. — P. 1—14.
18. **Bosch:** Системы управления дизельными двигателями: Пер. с немецк. — М.: Изд-во "За рулем", 2004. — 480 с.
19. **Tamanouchi M., Akimoto T., Aihara S.** et al. Effects of DGM and Oxidation Catalyst on Diesel Exhaust Emission // SAE Technical Paper Series. — 1999. — № 1999-01-1137. — P. 1—14.
20. **Улучшение** экологических показателей транспортных дизелей путем управления процессом топливоподачи / А. Г. Кузнецов, В. А. Марков, В. Л. Трифонов и др. // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Машиностроение. — 2000. — № 2. — С. 62—74.
21. **Смайлис, В. И.** Малотоксичные дизели [Текст] / В. И. Смайлис. — Л.: Машиностроение, 1972. — 128 с.
22. **Филиппов, А. З.** Токсичность отработавших газов тепловых двигателей [Текст] / А. З. Филиппов. — Киев.: Вища школа, 1980. — 160 с.



(Продолжение. Начало см. на 26 с.)

Вести с АЗ "Урал"

8 июля автомобильный завод "УРАЛ" "Группы ГАЗ" отметил 65-летний юбилей со дня выпуска первого грузовика.

Первый уральский автомобиль "ЗИС-5В" сошел с конвейера эвакуированного из Москвы в Миасс завода 8 июля 1944 г. Автомобиль "ЗИС-5В" изготавливался по документации Московского завода имени Сталина. Это была двухосная бортовая машина с колесной формулой 4х2 грузоподъемностью 3 т. Она имела упрощенную конструкцию: тормоза только задние, механические, кабина с деревянным каркасом, обшитая рейкой-вагонкой, деревянные подножки и брызговики, гнутые крылья, платформа только с задним откидным бортом и др. Комплектовался автомобиль в отличие от московских "ЗИСов" двигателем" ЗИС-5М" повышенной до 76 л. с. мощности. Максимальная скорость автомобиля составляла 60 км/ч.

20 июля первая партия автомобилей нового автозавода была отправлена на фронт, 30 сентября с конвейера сошел тысячный автомобиль. За год со дня выпуска первых машин заводской коллектив отправил на фронт и в народное хозяйство 6800 автомобилей. Около 25 % выпущенных в Миассе в годы войны автомобилей шло под специальную комплектацию. На их шасси делались топливозаправщики, полевые мастерские, понтонные автомобили и т. п.

В 1946 г. на Уральском автомобильном заводе был собран первый газогенераторный автомобиль "ЗИС-21А" грузоподъемностью 2,5 т. С ноября 1946 г. Уральский автомобильный завод был определен как ведущий в СССР по выпуску газогенераторных автомобилей. Последний серийный советский "газген" выпускался до 1958 г.

С февраля 1956 г. на Уральском автомобильном заводе начато производство автомобилей "УралЗИС-355". Они выпускались до 17 октября 1965 г. Особой известностью "эмка" пользовалась у целинников Казахстана и автотранспортников Урало-Сибирского региона.

В 1961 г. на Уральском автомобильном заводе начали выпускать автомобиль "Урал-375" с колесной формулой 6 × 6 грузоподъемностью 5 т. С 1977 г. был начат выпуск автомобилей "УРАЛ-4320" высокой проходимости. Автомобиль послужил основой для создания целой серии базовых моделей автомобилей многоцелевого назначения высокой проходимости.

(Окончание на 47 с.)

А. Д. Дербаремдикер,
канд. техн. наук,
Т. С. Иванова,
инж.

Первичная классификация аэромобилей и условные оценки их эффективности

Рисунки см. на 2-й и 3-й полосах обложки

Обобщены некоторые результаты отечественных и зарубежных исследований в области аэромобильной техники, рекомендуемой в качестве техногенного решения в районах со слабым развитием дорожной сети, в условиях бездорожья. Обосновано создание единой транспортной системы с применением аэромобилей.

Ключевые слова: *аэромобиль, классификация, эффективность, единая транспортная система, уравнение существования аэромобилей.*

Введение

Концепция аэромобиля, высказанная более 100 лет назад А. Яблоневым, состояла прежде всего в том, что аэромобили в качестве наземного и воздушного транспорта должны быть доступны людям среднего достатка [1]. Эта концепция, развитая в МАДИ В. Н. Луканиным и соавторами, охватывает как индивидуальный (персональный) транспорт, так и транспорт общего назначения, и прежде всего транспорт для региональных и межрегиональных грузовых и пассажирских перевозок.

История развития проектов аэромобилей

Вся история техники XX века содержит примеры попыток создания летающих автомобилей. Это отчасти иллюстрируют рис. 1—5 [2]. Наметились два подхода к решению проблемы аэромобиля. Первый — строить автомобиль и при необходимости превращать его в самолет или вертолет. Второй — строить самолет и при необходимости превращать его в автомобиль или некое другое автотранспортное средство (АТС). В аэромобилях и автолетах могут использоваться различные способы создания подъемной силы. В этом случае могут появиться названия, например, вертомобиль или вертоавтолет и т. д. Первично аэромобили можно классифицировать по их структурно-конструктивным признакам:

1) самолетный принцип — аэромобиль или автолет;

2) вертолетный принцип — вертомобиль или вертоавтолет;

3) комбинированный принцип — конвертоплан и др.

Естественно, жесткой границы между ними существовать не может.

Первичная классификация аэромобилей и условная оценка их эффективности дают основания для перехода к разработке типажа отечественной аэромобильной техники и ее разновидностей с учетом отраслевых особенностей и сфер ее применения, а также базового типажа автомобилестроения.

Развитие транспортной техники и прогрессивной аэромобильной техники позволяет ставить проблему единой транспортной системы РФ и других стран СНГ на базе существующей автодорожной сети и воздушных коммуникаций с использованием авиа- и аэромобильной техники.

Концепция системного представления автотранспортной техники и сети автомобильных дорог

Планируемые рациональные сферы применения аэромобильной техники (АМТ) в России с учетом перспектив развития транспорта представлены корреляционными зависимостями, связывающими пространственно-временные показате-

ли соответствующих транспортных процессов в координатах время $T_п$ и расстояние поездки $L_п$ (рис. 6). Заметим, что в зарубежной практике принято рассматривать условный показатель эффективности пассажирских перевозок расстоянием поездки $L_п$ за время $T_п$, равное 3 ч нахождения в пути.

Следовательно, развитие транспортной техники и прогрессивной АМТ позволяет ставить проблему единой транспортной системы РФ и других стран СНГ на базе существующей автодорожной сети и воздушных коммуникаций с использованием авиатехники и АМТ.

Отсутствие официально признанных научно-обоснованных критериев обеспеченности территории субъектов РФ, краев и областей дорогами общего пользования (АДОП) длительное время сдерживало планирование, организацию строительства новых дорог и технического содержания существующей автодорожной сети. В настоящее время, когда решение транспортно-логистических задач достигается на основе геоинформационных технологий, становится особенно острым противоречие между фактической и требуемой обеспеченностью провозных возможностей АДОП.

Авторами выдвигается альтернатива строительств дорогостоящих автомагистралей: освоение воздушных путей на базе создания в межотраслевой кооперации гибридных транспортных машин — аэромобилей и проблемно ориентированных комплексов подобных машин с воздушными движителями и возможностью использования мощной внеколесной силы тяги [3, 4].

На первом этапе создания гибридных транспортных машин представляют интерес транспортные средства в габаритах от 2- до 12-местных аэромобилей. Создание нового образца техники связано с многосторонней его оценкой. Ниже рассматривается лишь возможность технического создания изделия с учетом эстетических и эргономических требований на базе экономического понимания задачи и учета различных сторон проекта. Можно полагать, что первые образцы должны появиться в самом ближайшем будущем в качестве машин общего назначения и специальных [6, 7]. При этом уместно заметить, что в США уже продемонстрирован в полетах опытный образец аэромобиля персонального назначения и объявлено, что его стоимость будет составлять примерно $200 тыс.

Обобщая отечественный и зарубежный опыт создания аэромобиля или летательного транспортного средства, можно констатировать следующее. Конструкторские бюро бывшего СССР, имея твердые государственные заказы, не отвлекались на разработку нетрадиционных летательных аппаратов. Их проектировали и делали энтузиасты или студенческие СКБ. Так, в 1955—1973 гг. в МАИ разрабатывались летающие аппараты необычных схем. Некоторые из них вполне подходят под рубрику аэромобиля [8]. Общим недостатком большинства проектов прошлого была неустойчивость аппарата. В то время, 40 лет назад, летать на неустойчивых аппаратах, полагаясь только на сенсорику летчика, было опасно. Проекты не нашли поддержки и развития.

В настоящее время интерес представляет оригинальная разработка по созданию аэромобиля, трансформируемого в летательный аппарат раздвижением крыла, которое он имеет на крыше [3].

Проектные разработки показали, что на сегодняшнем уровне техники такие транспортные средства общего назначения и специальные (туристские, санитарные, патрульные, милицейские и т. п.) возможны, хотя для разработки их требуются значительные конструкторские усилия и новые технологические решения.

Радикальное решение проблемы транспортных коммуникаций в условиях бездорожья возможно на базе создания и внедрения аэромобильной техники. Это вытекает из социально-экономических и статистических материалов исследований, выполненных с участием авторов, и подтверждается научно-техническими разработками проектов аэромобильной техники. При этом для разработки альтернативного направления развития авиации — автомобилей общего пользо-

вания и персональных — необходимо системное рассмотрение существующей сети АДОП и факторов, характеризующих производительные силы общества.

Уравнение существования аэромобилей

Решение указанных задач предлагается начинать с вывода динамических уравнений существования аэромобилей как летательных аппаратов (по В. Ф. Болховитинову).

Известно, что массовый баланс подобных объектов техники, по сути, представляет собой уравнение их существования, т. е. характеризует возможность получения заданного комплекса функций и свойств [9]. Аэромобиль, очевидно, не представляет исключения, а его массовый баланс можно представить в форме декомпозиции взлетной массы $M_{АМ}$.

$$M_{АМ} = M_{пн} + [(m_{нс} + m_{ш} + m_{к}) + (m_{д} + m_{тр}) + m_{об} + m_{т}] + [(m_{кр} + m_{ко} + m_{пр}) + m_{д}^{1} + m_{дв}) + m_{об}^{1}], \quad (1)$$

где $M_{пн}$ — масса полезной нагрузки; $m_{нс}$ — масса несущей системы базового автомобиля; $m_{к}$ и $m_{ш}$ — масса кузова и шасси; $m_{д}$ и $m_{тр}$ — масса двигателя и трансмиссии; $m_{об}$ и $m_{т}$ — масса автомобильного оборудования и топлива; $m_{кр}$, $m_{хо}$ и $m_{пр}$ — масса соответственно крыльев, хвостового оперения и приводов их дистанционирования и управления; $m_{д}^{1}$ и $m_{дв}$ — масса самолетного двигателя и воздушного движителя; $m_{об}^{1}$ — масса самолетного оборудования.

Уравнение (1) можно записать в виде:

$$M_{АМ} = M_{пн} + \sum_{i=i}^{r} m_{ia} + \sum_{j=i}^{r} m_{jc} \text{ или}$$
$$M_{АМ} = M_{пн} + \sum m_{ia}(1 + \delta), \quad (2)$$

где $\sum_{i=i}^{r} m_{ia}$, $\sum_{j=i}^{r} m_{jc}$ — массы автомобильной и самолетной конструкции; $\delta = \sum m_{ia}/\sum m_{jc}$.

Принято, что $\sum m_{jc} < \sum m_{ia}$, т. е. $\delta < 1$. При этом некоторая условность связана с тем, что масса экипажа в неявном виде включена в массу $M_{пн}$, учитывая ее небольшую величину или ее отсутствие (беспилотный аэромобиль).

Отсюда видно, что обеспечение летных свойств от обычного автомобиля однозначно связано с увеличением его массы в определенных пределах, т. е. в $(1 + \delta)$ раз. Вместе с тем уменьшается масса $M_{пн}$ полезной нагрузки, которую мог нести базовый автомобиль, т. е. $M_{пн}^{а}$. Иначе говоря, $M_{пн} = M_{пн}^{а} - \sum m_{jc} = M_{пн}^{а}(1 - q)$, где q — отношение массы самолетных конструкций к массе полезной нагрузки базового автомобиля.

Таким образом, уравнение существования аэромобиля определяется условием $q < 1$, а его эффективность как транспортного средства в сопоставлении с базовым автомобилем описывается уравнением в виде:

$$M_{АМ} = p M_{пн}^{а} + \sum m_{ia\min}(1 + \delta^{1}), \quad (3)$$

где $p = M_{пн}/M_{пн}^{а} = 1 - q$, $p < 1$, $\delta^{1} = \sum m_{jc\min}$.

Нетрудно убедиться, что один из высококонкурентных уровней технического совершенства аэромобиля определятся величиной $p = 1$ и минимизированными суммами масс автомобильных $\sum m_{ia\min}$ и самолетных $\sum m_{jc\min}$ конструкций. Иными словами, снижение массы автомобильных конструкций аэромобиля должно быть эквивалентно минимально необходимой (по прочности и надежности) суммарной массе самолетных конструкций, т. е.

$$m_{ia} - \sum m_{ia\min} = \sum m_{jc\min}.$$

Расчеты показывают, что обеспечение величины $p \to 1$ достижимо на базе научно-технического прогресса (НТП) в области новых материалов, в том числе композитных, и технологий. Однако следует подчеркнуть, что стремлением к $\lim p \to 1$ при $m_{ia} \to m_{ia\min}$ и $m_{jc} \to m_{jc\min}$ не исчерпывает возможности НТП в области транспортной эффективности аэромобилей, которая зависит также от их скоростных свойства. Известно, что средние эксплуатационные скорости АТС $V_{АТС}$ в течение длительного времени (последние десятилетия XX в.) практически не росли вследствие ограничений, накладываемых на перевозочный процесс состоянием и загрузкой улично-дорожной сети и требованиями безопасности дорожного движения. В такой ситуации увеличение скорости доставки грузов аэромобилем $V_{АМ} > V_{АТС}$ может с запасом компенсировать величину $p < 1$. Поэтому уравнение существования аэромобиля

для объективности сравнения с АТС может быть представлено в динамическом ракурсе, т. е. с точки зрения производительности:

$$M_{\text{АМ}}\frac{V_{\text{АМ}}}{V_{\text{АТС}}} = pu M^{\text{а}}_{\text{пн}} + \\ + u[\Sigma m_{i\text{а}\min}(1+\delta^1)], \qquad (4)$$

где $u = \dfrac{V_{\text{АМ}}}{V_{\text{АТС}}} > 1$.

Ясно, что $u = u(M_{\text{АМ}}, m_{\text{дв}}, K, ..., m_{\text{т}}, t)$ — есть сложная функция общей массы аэромобиля, массы $m_{\text{дв}}$ двигателя и топлива $m_{\text{т}}$ на борту, а также аэродинамического качества K и времени t полета. Последнее дает возможность дифференциального анализа уравнения существования аэромобиля и оценки влияния на его тактико-технические характеристики переменных параметров, включая значения $M_{\text{АМ}}$ и $M^{\text{а}}_{\text{пн}}$, когда полезная нагрузка уменьшается непосредственно в полете (расходуются с/х удобрения, ядохимикаты, топливо и т. п.). В скоростных координатах этот анализ может быть представлен следующими уравнениями:

$$\frac{M_{\text{АМ}}}{g}\frac{dV_{\text{АМ}}}{dt} = P\cos(\alpha + \beta_{\text{ст}}) - \\ - C_x SP\frac{V^2_{\text{АМ}}}{2} - M_{\text{АМ}}\sin\Theta \\ \text{при } \frac{dL}{dt} = V_{\text{АМ}}(\cos\Theta)^{-1};$$

$$\frac{M_{\text{АМ}}}{g}\frac{d\Theta}{dt} = P\sin(\alpha + \beta_{\text{ст}}) - \\ - C_z SP\frac{V^2_{\text{АМ}}}{2} - M_{\text{АМ}}\cos\Theta, \\ \text{при } \frac{dh}{dt} = V_{\text{АМ}}(\sin\Theta)^{-1},$$

где g — ускорение свободного падения; P — суммарная тяга ДВС; α, Θ — углы атаки, тангажа и наклона траектории, $\alpha = \Upsilon - \Theta$ (Υ — угол тангажа), C_x и C_z — аэродинамические коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы аэромобиля (АМ); L и h — пути и высоты, пройденные АМ за интервал времени Δt; S — площадь крыла; $\beta_{\text{ст}}$ — угол направления силы тяги воздушного движителя относительно хорды крыла [10].

Таким образом, уравнение существования аэромобилей открывает возможность стратегического планирования эффективного использования аэромобильной техники с учетом региональных особенностей субъектов РФ.

Подход к экономической оценке эффективности аэромобилей

На основе уравнения существования и оценки производительности аэромобиля открываются дополнительные возможности системного программирования, стимулирования поисковых исследований, управления функциональной эффективностью и стоимостью новой техники. Данные положения использованы в ходе стратегического планирования применения аэромобильной техники в России и других странах СНГ [3, 7], а также в настоящей работе.

В рамках изложенной выше концепции используется объективная тенденция взаимообусловленного роста валового внутреннего продукта (ВВП) и протяженности L автомобильных дорог, т. е. ВВП $\leftrightarrow \Phi_{\text{о}}(L)L$ (где $\Phi_{\text{о}}(L)$ — функционал финансовой отдачи от параметра L). Такая корреляция может быть распространена и на воздушные пути для АМТ, т. е. ВВП^1 $\leftrightarrow \Phi^1_{\text{о}}(L^1)L^1$ (где L^1 — протяженность воздушных путей). При этом авторы постулируют соотношения протяженности потенциальных воздушных путей и автомобильных дорог: $L_1/L > 1$, а также соотношение соответственно их стоимостных показателей $C^1/C \ll 1$ (с учетом необходимости строительства и обустройства "аэроточек", в том числе платных [3]). В итоге суммарный |ВВП| = ВВП + ВВП^1 = = ВВП $\cdot$ M (где M — мультипликатор увеличения ВВП от создания и внедрения АМТ). Действительно, мультипликатор M всегда больше 1, так как $M = 1 + (\text{ВВП}^1/\text{ВВП})$.

Данный подход обоснован путем анализа простого и расширенного воспроизводства. Валовой внутренний продукт, как и капитал (К), в стоимостном выражении определяется известной суммой трех слагаемых:

$$\text{ВВП} = K \approx C + V + m \text{ или } K = (1 - a_c)^{-1}(V + m), \quad (5)$$

где C — затраты средств производства; V — переменный капитал; m — прибыль; $a_c = C/K$.

Рассмотрим три базовые схемы функционирования АТК: 1 — автомобильные перевозки по АДОП, связанные с большими затратами C_1 (главным образом, на собственно автомобильные дороги); 2 — аэромобильные перевозки по воздушным коммуникациям, связанные с малыми затратами C_2 (на "аэроточки" и другие объекты инфраструктуры, т. е. $C_2 \ll C_1$), и 3 — последовательные, параллельные и смешанные перевозки автомобильным транспортом и АМТ.

Во всех указанных вариантах перевозочного процесса в первом приближении принималось, что фрагмент экономики состоит из двух "отраслей": I — транспортной и II — обобщенного производства предметов потребления для обеспечения функционирования первой отрасли.

Объем ВВП указанных отраслей можно представить с некоторыми допущениями следующей системой уравнений:

$$\left.\begin{aligned} &K_{\text{I}} = C_{\text{I}} + (V_{\text{I}} + m_{\text{I}}) = a_{\text{Ic}}K_{\text{I}} + (V_{\text{I}} + m_{\text{I}}),\\ &a_{\text{Ic}} = C_{\text{I}}/K_{\text{I}};\\ &K_{\text{II}} = C_{\text{II}} + (V_{\text{II}} + m_{\text{II}}) =\\ &= C_{\text{II}} + a_{\text{II}}(V_{\text{II}} + m_{\text{II}})K_{\text{II}},\ a_{\text{II}} = K_{\text{II}}^{-1}\\ &\text{и } C_{\text{II}} \approx s(V_{\text{I}} + m_{\text{I}}), \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

где индексы "I" и "II" — типы фрагмента экономики, s – коэффициент, учитывающий тип воспроизводства: простое ($s \approx 1$), расширенное ($s > 1$).

Обозначим ВВП транспортной отрасли для перечисленных базовых схем перевозок: $K_{\text{I}}^{(1)}$, $K_{\text{I}}^{(2)}$ и $K_{\text{I}}^{(3)}$. Соответственно ВВП отрасли II: $K_{\text{II}}^{(2)}$, $K_{\text{II}}^{(2)}$ и $K_{\text{II}}^{(3)}$ и, наконец, суммарный ВВП: $(K_{\text{I}} + K_{\text{II}})^{(1)}$, $(K_{\text{I}} + K_{\text{II}})^{(2)}$ и $(K_{\text{I}} + K_{\text{II}})^{(3)}$. Тогда можно ориентировочно оценить результаты функционирования указанных отраслей в относительном выражении, принимая за 100 % ВВП = $K_{\text{I}}^{(1)}$

Таблица

Средние эксплуатационные скорости перевозок $V_{\text{ср}}$ и расстояния перевозок $L_{\text{ср}}$, принятые для условно-сравнительной оценки ВВП (в %)

$V_{\text{ср}}$, км/ч	25		50		100		200		400	
$L_{\text{ср}}$, км	50	500	50	500	50	500	50	500	50	500
$K_{\text{I}}^{(1)}$ (для АТС)	100	200	150	300	*	*	*	*	*	*
$K_{\text{I}}^{(2)}$ (для АМТ)	*	*	*	*	220	400	330	500	450	670
$K_{\text{I}}^{(3)}$ (АТС + АМТ) при перевозках:										
параллельных	(–)	(+)	(–)	(+)	(–)	340	(–)	400	(–)	480
последовательных	(–)	(+)	(–)	(+)	(–)	280	(–)	320	(–)	400
смешанных	(–)	(+)	(–)	(+)	(–)	210	(–)	240	(–)	300
$K_{\text{I}}^{(1)} + K_{\text{II}}^{(1)}$	(–)	460	(–)	690	(–)	*	(–)	*	(–)	*
$K_{\text{I}}^{(2)} + K_{\text{II}}^{(2)}$	(–)	*	(–)	*	(–)	880	(–)	1100	(–)	1470
$K_{\text{I}}^{(3)} + K_{\text{II}}^{(3)}$ при перевозках:										
параллельных	(–)	(+)	(–)	(+)	(–)	750	(–)	880	(–)	1050
последовательных	(–)	(+)	(–)	(+)	(–)	610	(–)	700	(–)	880
смешанных	(–)	(+)	(–)	(+)	(–)	460	(–)	570	(–)	660

Обозначения: * — нереалистические скорости для АТС и/или АМТ;
(–) — нецелесообразные расстояния для смешанных перевозок;
(+) — превышение эффективности обычно меньше 0,70 $X_{\text{I}}^{(1)}$ %.

при $V_{ср}$ = 25 км/ч и $L_{ср}$ = 50 км (см. таблицу).

Таким образом, выполненные расчеты эффективности использования аэромобильной техники в экономике, основанные на сравнении с автотранспортом общего пользования, а также с привлечением показателей условной отрасли, обеспечивающей автотранспорт общего пользования предметами потребления, показывают, что в экономкибернетических схемах простого и расширенного воспроизводства АМТ обеспечивает значительное превосходство в повышении ВВП при самых обычных условиях расчетов.

В заключение необходимо отметить важное экологическое преимущество аэромобильной техники. Основные направления повышения энерго-экологической эффективности системы "АТС" и аэромобили на улично-дорожной сети и воздушных путях в окружающей среде" городов, пригородов и сельской местности связаны с дезинтеграцией транспортных потоков и высотными выбросами аэромобилей, а также с перспективами развития многотопливных двигателей АТС и аэромобилей, работающих на альтернативных, содержащих водород топливах.

Выводы

1. Общие перспективы развития транспорта РФ непосредственно связаны с регионами, отличающимися низкой плотностью населения при слабом развитии автомобильных дорог общего пользования. Здесь незаменима роль аэромобильной техники как ускорителя экономического развития и средства обеспечения равномерности расселения населения, повышения социальной и деловой активности людей.

2. Выполненные исследования позволяют рекомендовать осуществлять планирование и обеспечение развития аэромобильной техники прежде всего для нужд реальной экономики и здравоохранения, а в дальнейшем и для населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Яблонев, А.** Аэромобиль [Текст] / А. Яблонев. — М.: Изд-во Кушнарев и Ко, 1903. — 83 с.
2. **Бауэрс, П.** Летательные аппараты нетрадиционных схем. Пер. с англ. [Текст] / П. Бауэрс. — М.: Мир, 1991. 320 с.
3. **Луканин, В. Н.** Аэромобили — составная часть малой авиации России в XXI веке. Труды 5-го симпозиума при МАКС-99, том 1. [Текст] / В. Н. Луканин, А. Д. Дербаремдикер. — М.: Изд. ЦАГИ, 2000.
4. **Дербаремдикер, А. Д.** К 100-летию первого российского аэромобиля [Текст] / А. Д. Дербаремдикер // Грузовик &. 2008. № 7. С. 57—59.
5. **Федоров, В. П.** Вопросы дорожной обеспеченности и стратегии развития сети автомобильных дорог России. Тезисы докладов международной конф. "Автотранспортный комплекс. Проблемы и перспективы развития" [Текст] / В. П. Федоров. — М.: МАДИ (ТУ), 2000. — С. 267—269.
6. **Bushnell D. M.** On (civil) aviation future(s), The Aeronautical Jornal, October 2001. P. 603—606.
7. **Луканин, В. Н.** Аэромобиль: прошлое, настоящее и будущее для России. Труды 5-го симпозиума при МАКС-99, том 1. [Текст] / В. Н. Луканин, А. Д. Дербаремдикер, Л. Г. Гололобов, Т. С. Иванова. — М.: Изд. ЦАГИ, 2000.
8. **Макаров, Ю. В.** Летательные аппараты МАИ. — М.: ИЗд-во МАИ, 1994.
9. **Болховитинов, В. Ф.** Очерки развития летательных аппаратов: Конструкция и боевая эффективность ЛА [Текст] / В. Ф. Болховитинов. — М.: ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1964. — 935 с.
10. **Остославский, И. В.** Динамика полета. Траектории ЛА [Текст] / И. В. Остославский, И. В. Стражева. — М.: Оборонзиг, 1963.
11. **Ланге, О.** Введение в экономическую кибернетику. Пер. с польск. под ред. Е. З. Майминаса [Текст] / О. Ланге. — М.: Прогресс, 1968. — 208 с.

(Начало на с. 26, 41)

С 1983 г. началось производство автомобиля "Урал-5557" сельскохозяйственного назначения. Шасси автомобиля использовалось как база для установки различных кузовов и спецоборудования. В 1989 г. линейка выпускаемых заводом грузовых автомобилей пополнилась за счет автомобиля "УРАЛ-5323" с колесной формулой 8 × 8.

С 2005 г. автомобильный завод "УРАЛ" входит в новую для предприятия нишу дорожных автомобилей. На сегодняшний день освоено серийное производство таких автомобилей, как седельный тягач "УРАЛ-63674" (4 × 2, полная масса автопоезда 42 т), самосвал "УРАЛ-63685" (6 × 4, грузоподъемность 20 т), самосвал "УРАЛ-6563" (8 × 4, грузоподъемность 25 т).

В этом году АЗ "УРАЛ" приступил к производству серийных автомобилей "УРАЛ-4320-58/59", оснащенных современной высококомфортной кабиной капотного исполнения.

Уральский автомобильный завод награжден орденом Трудового Красного Знамени (1966 г.) и орденом Октябрьской революции (1985 г.), а также большим количество коммерческих наград.

(По материалам отдела массовых коммуникаций ОАО "АЗ "УРАЛ")

Contents

2 *Ryabov I. M., Novikov V. V., Chernyshov K. V., Gasanov M. M., Ablullaev M. I., Gechekbaev I. D.* The estimation of oscillatory loading of the driver and passengers of fixed-route taxi taking into account service conditions

In article the estimation of oscillatory loading of the driver and passengers of a fixed-route taxi taking into account service conditions by the technique developed by authors is given. The estimation is spent with use of own frequencies of fluctuations of a suspender of a fixed-route taxi received by authors.

Keyword: fixed-route taxi, smoothness of a course, norm of smoothness of a course.

6 *Sinelnikov A., Doctor of Science, Associate Professor.* Motor-car body materials, emergency load and deformation, technology and equipment for restoration of body and cabin strength parameters and geometrics

The article provides the information on body materials, used in production of to date motor-cars of domestic and foreign manufacture. It gives characteristics of main kinds of car collisions. The article also characterizes emergency load and deformation of body elements depending on driving speed. It represents contemporary technology and equipment for restoration of strength parameters and geometrics of car body and cabin. The article describes methods of regulation of repair works as to motor bodies, cabins and surfacing.

Keywords: car body, materials, emergency load, emergency deformation, body restoration, repair equipment, standard time.

17 *Nazarov A. D., professor, Ph. D.* General methods to determine and to choose assembly gaps in connections of cylinder and piston parts of engines.

General methods to determine and to choose assembly gaps in connections of cylinder and piston parts of engines are suggested. Factors, which influence size of the gaps during start up and established temperature regime, were discovered. Using described methods to calculate these gaps with taking into consideration developed conditions and requirements, their sizes become optimal. With such gaps parts of cylinder and piston as well as engines perform reliably.

Keyword: parts of cylinder and piston group, gaps, determination, choice, reliability.

20 *Shatilov A. A., cand. of techn. sciences, associate professor, Lee A. A., Seryozhkin M. A., students; BMSTU.* The automated system "Analysis of centering gripping mechanism of cammed pneumatic single-row arbors".

The article describes the automated systems intended for detecting of rational parameters of centering gripping mechanism of cammed pheumatic arbors. The example of system's performance capabilities is presented.

Keywords: arbor, workpiece, technological base, safety, accuracy, angle of the wedge, number of cams, working capacity factor.

25 *Kozlowski V., Maleev R., candidates of technical sciences.* Reliability of electroequipping a passenger car — history aspect.

In work is conduct reliability study of electroequipping the passenger cars on the vase given on refusals for last 30 ears.

Keywords: quality, reliability, electroequipment.

27 *Markov V. A., D. Sc. (Eng.), professor of "Heat Physics" department of the Bauman Moscow State Technical University.* "Toxicity of Diesel Engines Exhaust Gases and Opportunities of its Reduction".

Requirement for diesel engines exhaust gases toxicity have been given. Diesel engines test cycles have been presented. Ways of exhaust gases toxic components content reduction have been considered.

Keywords: diesel engine, test cycles, exhaust gases toxicity characteristics.

42 *Derbaremdiker A. D., Ivanova T. S.* Primary classification of aeromobiles and conditional estimations of their efficiency.

The article reports some results of the domestic and foreign of aeromobile techniques recommended as the technogenic decision for the problem of impassibility in Russian Federation and in CIS. The creation of Uniform transport system with application of aeromobiles is also well-grounded.

Keywords: aeromobile, classification, efficiency, uniform transport system, the existence equation aeromobiles.

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

Сдано в набор 18.06.2009. Подписано в печать 31.07.2009. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5.88. Уч.-изд. л. 7,30. Заказ 589.

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика", 142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15