



**Московский государственный  
автомобильно-дорожный институт  
(технический университет)**

А.И. Рябчинский, Ю.В. Трофименко, С.В. Шелмаков

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
АВТОМОБИЛЯ**

Учебное пособие

Под редакцией члена-корреспондента РАН В.Н.Луканина

Рекомендовано УМО вузов РФ по автотракторному и дорожному  
образованию в качестве учебного пособия для студентов  
специальности "Организация и безопасность дорожного движения"

Москва 2000

УДК 656.

ББК 39.3:20.1

Рябчинский А.И., Трофименко Ю.В., Шелмаков С.В. Экологическая безопасность автомобиля; Под ред. Член-корр. РАН Луканина В.Н./ МАДИ-ТУ. М., 2000. - 95 с

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. Тольский В.Е. – ГНЦ НАМИ;

канд. техн. наук Донченко В.В. - НИИАТ

В пособии представлены основные нормативные требования к уровню экологической безопасности автомобиля, описаны методы испытаний для получения количественных показателей, характеризующих экобезопасность автомобиля. Представлена методика интегральной оценки экобезопасности конструкции автомобиля. Во второй части пособия описаны перспективные направления улучшения экобезопасности автомобилей.

Пособие предназначено для студентов, изучающих курс "Безопасность транспортных средств" и "Основы сертификации", слушателей факультетов повышения квалификации, специалистов автомобильной промышленности и транспорта.

Пособие может быть также использовано для студентов, обучающихся по специальностям: "Автомобили и автомобильное хозяйство", "Сервис и техническая эксплуатация транспортных и технологических машин (автомобильный транспорт)", "Безопасность дорожного движения", "Инженерная защита окружающей среды (автотранспортный комплекс)".

© Московский государственный автомобильно-дорожный институт (технический университет), 2000 г.

## ВВЕДЕНИЕ

В XX веке автомобиль стал неотъемлемой частью общества. Развитие автомобилизации привело к становлению мощных автомобильной и дорожно-строительной индустрий, в значительной мере определяющих "лицо" науки и техники в обществе. Взаимодействие "автомобилизированного" общества с окружающей средой происходит в рамках автотранспортного комплекса (АТК).

Автотранспортный комплекс - сложная динамическая система, включающая в качестве функциональных элементов автотранспортные средства (АТС), стационарные объекты (предприятия), необходимые для их эксплуатации, дорожно-транспортную сеть с соответствующим обустройством, участников движения и персонал предприятий.

Подчиняясь общей концепции технократического развития, АТК наносит огромный ущерб природе, внося свой вклад в формирование ситуации, которую многие ученые называют экологическим кризисом.

Осознав на собственном опыте опасность необдуманного "покорения природы", общество ищет иные пути развития. Выработана и признана на глобальном международном уровне цель - устойчивое развитие.

Устойчивое развитие - стратегия управляемого, поддерживаемого, регулируемого развития, не разрушающего окружающую природу и обеспечивающего непрерывный общественный прогресс [1].

Накоплен значительный опыт в законодательной, научной, технической и других сферах. Меняется, хотя и крайне медленно, общественное экологическое сознание. Но прогресс в этой области незначителен, поэтому основной вопрос, волнующий многих ученых - успеет ли мы "перевести стрелку" и свернуть с губительного пути, ведущего к пропасти экологической катастрофы – остаётся актуальным и сегодня.

При формировании и реализации политики в области развития и обеспечения функционирования АТК следует опираться на следующие принципы обеспечения устойчивости транспортных систем:

- удовлетворение транспортных потребностей не должно приводить к такому уровню негативного воздействия, который ставит под угрозу здоровье населения и состояние окружающей среды;

- транспортная система должна проектироваться и эксплуатироваться таким образом, чтобы для всех социальных групп населения обеспечивались:
  - ⇒ социальная справедливость при удовлетворении транспортных потребностей;
  - ⇒ охрана здоровья и безопасность;
  - ⇒ повышение качества жизни;
- принятие решений в области транспорта должно основываться на комплексных подходах к их планированию и оценке возможных последствий, учитывающих вопросы охраны окружающей среды, здравоохранения, энергетики, финансов и т.п.;
- транспортная система должна эффективно использовать землю и другие природные ресурсы, сохраняя при этом жизненно важную среду обитания;
- система налогообложения и другие экономические механизмы должны способствовать обеспечению более полного учета социально-экономических и экологических издержек, связанных с работой транспорта, с тем, чтобы пользователи транспорта участвовали в покрытии этих издержек на справедливой основе;
- на гражданах лежит ответственность за выбор таких способов и средств удовлетворения своих транспортных потребностей, которые являются наиболее благоприятными с точки зрения воздействия на окружающую среду;
- население должно быть в полной мере задействовано в процессе принятия решений, касающихся развития транспортной системы.

Для реализации перечисленных выше принципов необходима достоверная и полная информация об уровне экологической безопасности АТС.

Под экологической безопасностью автотранспортного средства понимается совокупность свойств, характеризующих способность АТС минимизировать уровень вредного воздействия на окружающую среду и здоровье человека, в том числе за счет экономии материальных и энергетических ресурсов.

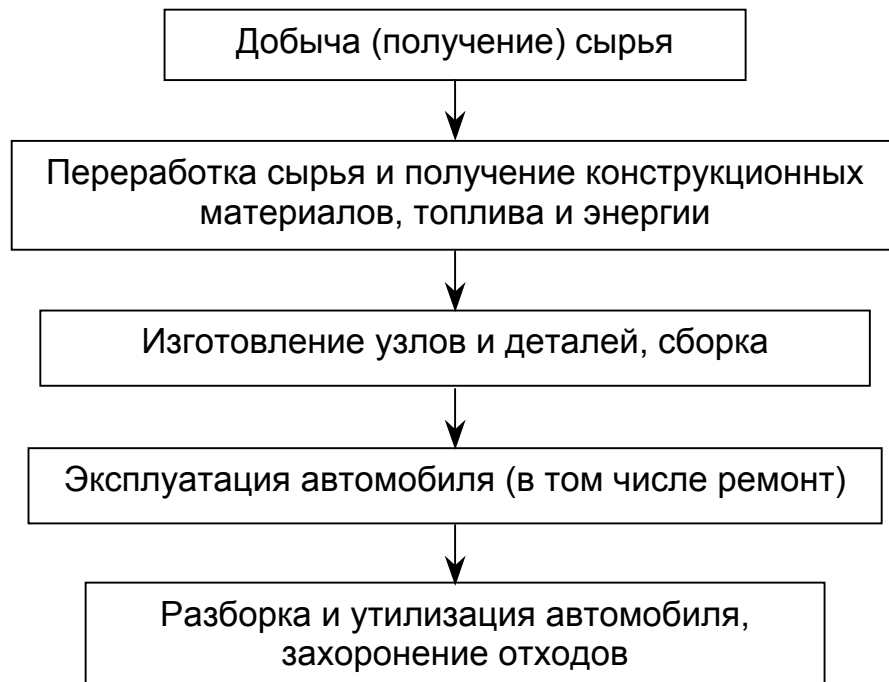


Рис. 1. Стадии жизненного цикла автомобиля

Экологическая безопасность АТС, как и любой другой промышленной продукции, в соответствии с международными требованиями\*, должна оцениваться с учетом полного жизненного цикла.

Жизненный цикл АТС - последовательные и взаимосвязанные стадии производства и эксплуатации: от добычи сырья до утилизации АТС после окончания его срока службы [2].

Стадии жизненного цикла автомобиля показаны на рис. 1.

Оценка по методу полного жизненного цикла включает четыре этапа:

- определение цели и сферы оценки;
- инвентаризацию воздействий на окружающую среду;
- оценку воздействий на окружающую среду;
- интерпретацию результатов.

В результате проведения оценки экологической безопасности автомобиля по полному жизненному циклу наиболее адекватно оценивается эффективность конструкционных, технологических, эксплуатационных и других мероприятий. В настоящее время данный подход реализуется практически на всех автомобильных фирмах мира [2].

---

\* Стандарты ISO 14040; ISO 14041; ISO 14042; ISO 14043

# 1. ИЗМЕРИТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Экологическая безопасность АТС как интегральный показатель должна быть адекватно отражена соответствующими оценочными измерителями. Различают измерители одиночных, групповых, обобщенных, интегральных свойств.

Измерителями обобщенных свойств АТС являются:

- безопасность перевозочного процесса;
- безвредность воздействия на окружающую среду;
- транспортный комфорт;
- сохранение природных ресурсов;
- транспортная эффективность.

Каждое обобщенное свойство включает несколько групповых свойств со своими измерителями. Каждое групповое свойство в свою очередь включает несколько одиночных измерителей. В результате образуется трехуровневая иерархическая структура измерителей, оценивая которые можно получить представление об экологической безопасности конструкции АТС.

На протяжении длительного времени складывалась система регламентирования групповых свойств, показателей, методов их оценки и экспериментального определения, закрепленная в виде нормативно-технической документации различного уровня иерархии (международные стандарты, ГОСТ, ОСТ, РД, ТУ и пр.).

Измерители обобщенных свойств экологической безопасности АТС рассматриваются с различной степенью детализации. Это связано с различной значимостью и глубиной разработки в нормативных документах последних лет отдельных измерителей.

Рассмотрим более подробно измерители отдельных групповых свойств, определяющих экологическую безопасность АТС, а также методы их определения.

## 1.1. Безопасность перевозочного процесса

Влияние конструкции автомобиля на безопасность перевозочного процесса определяется уровнем активной, пассивной и послеаварийной безопасности АТС. Рассмотрение этих свойств является предметом

отдельного учебного пособия. Однако в ряде предписаний по активной и пассивной безопасности включены требования, влияющие на экологическую безопасность. В частности, к таким требованиям можно отнести пожаро- и взрывобезопасность конструкции, что связано с возможностью загрязнения окружающей среды в результате разгерметизации топливной системы, возгорания отделки салона, а также наличием токсичных продуктов ее горения.

Так, в Правилах Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных Наций (далее Правилах ЕЭК ООН) № 34, 36, 52, 94, 95 регламентируются требования к пожарной безопасности легковых АТС и автобусов, исходя из условия, что даже при возгорании топлива в момент столкновения люди могут покинуть АТС в течение не более 120 с и величина утечки топлива должна составлять не более 30 г/мин (для легковых АТС).

Для АТС, работающих на сжиженном нефтяном газе (СНГ), газобаллонная аппаратура должна получить официальное утверждение по Правилам № 67 ЕЭК ООН. Этими Правилами регламентируется перечень обязательного оборудования таких АТС, требования к материалам, из которых изготовлена газобаллонная аппаратура, а также требования к конструкции и методы испытания, обеспечивающие безопасность эксплуатации АТС данного типа.

Баллоны СНГ подразделяются на два класса - А и В. К классу А относятся баллоны, предназначенные для использования с "предохранительным клапаном" или "разгрузочным клапаном". К классу В относятся баллоны, предназначенные для использования без этих клапанов, хотя может быть предусмотрена возможность их установки.

Баллоны должны выдерживать внутреннее гидравлическое давление:

- 3000 кПа в случае баллонов класса А;
- 4500 кПа в случае баллонов класса В,

при этом не должно быть никакой утечки или постоянной деформации.

Баллон должен быть оснащен приспособлениями, позволяющими надевать газонепроницаемый кожух поверх вспомогательного оборудования. К каждому баллону должна быть прикреплена табличка, на которой проставляются следующие данные:

- серийный номер;

- вместимость в литрах;
- обозначение "СНГ";
- рабочее давление/контрольное давление;
- слова: "максимальная степень наполнения: 80%";
- год и месяц официального утверждения;
- знак официального утверждения.

Баллоны должны соответствовать следующим техническим предписаниям:

Материалы. Все составные части корпуса баллона и все привариваемые к нему детали должны изготавливаться из взаимосовместимых материалов, что должно быть подтверждено химическими анализами.

Термическая обработка. Баллоны и их части должны быть подвергнуты нормализации для снятия внутренних напряжений. Местная термическая обработка баллона в сборе не допускается.

Расчет деталей, работающих под давлением. В Правилах приводятся контрольные зависимости, определяющие минимальную толщину стенок различных частей баллона и его геометрические пропорции.

Конструкция и качество сборки. Завод-изготовитель должен гарантировать под свою ответственность наличие у него средств и технологии производства, обеспечивающих соответствие производимых баллонов предписаниям Правил № 67.

Баллоны подвергаются следующим видам испытаний:

- а) Испытания на разрыв и изгиб образцов, вырезанных из определенных мест баллона, в том числе места сварных соединений.
- б) Испытание на разрыв баллона под воздействием гидравлического давления. При этом замеренное давление разрыва ни при каких условиях не должно быть меньше  $9/4$  контрольного (расчетного) давления, а удельное изменение объема баллона в момент разрыва не должно быть меньше:
  - 20%, если длина баллона превышает его диаметр;
  - 17%, если длина баллона равна его диаметру или меньше его.

При разрыве баллона в ходе испытания образования осколков не допускается.

- с) Гидравлическое испытание, в ходе которого давление воды в баллоне должно плавно увеличиваться до достижения контрольного давления,



после чего баллон должен находиться под действием контрольного давления достаточно длительный период времени, с тем, чтобы можно было удостовериться, что давление не падает и что герметичность баллона может быть гарантирована. После испытания баллон не должен иметь признаков постоянной деформации.

- d) Рентгенографический контроль сварных соединений в соответствии со спецификацией ISO R 1106-69 и ISO 2504-73.
- e) Микроскопическое исследование полного поперечного сечения сварного шва.
- f) Контроль наружной части сварного шва. Место сплавления проваренного металла с основным металлом должно быть гладким и не иметь трещин, пористых пятен и надрезов.

Баллон должен оснащаться следующим вспомогательным оборудованием:

- заправочный блок с вентильным устройством;
- указатель уровня;
- автоматическое устройство, ограничивающее наполнение баллона до 80% его емкости;
- предохранительный клапан (для баллонов класса А), открывающийся при давлении  $2500 \pm 200$  кПа;
- рабочий клапан;
- ограничительный клапан, закрывающийся при разнице давления по разные стороны клапана в 100 кПа.

Все дополнительное оборудование должно выдерживать давление 5000 кПа. Материалы, из которых изготавливается вспомогательное оборудование должно быть совместимо с СНГ, что подтверждается специальными испытаниями. Оборудование подвергается испытаниям на герметичность и виброустойчивость.

Гибкие шланги после выдержки в жидком норм-пентане в течение 3-х раз по 24 часа должны выдерживать давление 4500 кПа, иметь прочность на разрыв не менее  $7 \text{ Н/мм}^2$ , а относительное удлинение в момент разрыва - по крайней мере 150%. Испытания шлангов должны также проводиться при высоких ( $70^\circ\text{C}$ ) и низких ( $-25^\circ\text{C}$ ) температурах. Незаполненный шланг должен выдерживать, не подвергаясь разрыву, 3000 циклов испытания на изгиб. Предусмотрены и другие типы испытаний.

В Правилах № 100 ЕЭК ООН представлены "единообразные предписания, касающиеся официального утверждения аккумуляторных электромобилей в отношении конкретных требований к конструкции и функциональной безопасности". В частности, тяговые аккумуляторы должны быть установлены таким образом, чтобы исключалась любая возможность опасного скопления горючих паров. Если рабочее напряжение в электрической цепи составляет по меньшей мере 60 В при постоянном токе или 25 В при переменном токе, должна быть обеспечена соответствующая защита от электрического удара (изоляция, заземление, кожухи и т.д.) как при нахождении людей в салоне, так и при техническом обслуживании (например, подзарядке). Защитные устройства должны быть устроены так, чтобы их нельзя было открыть, разобрать или снять без соответствующих инструментов. Электрооборудование проектируется, изготавливается и устанавливается таким образом, чтобы исключить возможность повреждения изоляции. Сопротивление изоляции между любой незащищенной токопроводящей частью и каждым полюсом батареи должно составлять минимум 500 Ом/В номинального напряжения. Измерение сопротивления изоляции осуществляется после 8-часового термостатирования электромобиля при  $23\pm 5^{\circ}\text{C}$  и влажности  $90\% + 10\% / - 5\%$ .

Должны быть приняты все необходимые меры от самопроизвольного (или по неосторожности) включения режима движения. В частности, включение под напряжение должно осуществляться при помощи контактного ключа, который может быть вынут только в положении, исключающем возможность движения.

На электромобиле должны быть предусмотрены все необходимые информационные, диагностические и предохранительные устройства. Водитель должен информироваться о том, что транспортное средство находится в режиме, допускающем движение, особенно когда он покидает электромобиль. Когда уровень зарядки батареи достигает минимального значения, определенного заводом-изготовителем, водитель предупреждается об этом заблаговременно, чтобы он смог выехать из зоны движения. Возможность реверсивного движения возможна лишь при сочетании двух различных действий или при использовании переключателя, допускающего включение заднего хода лишь в том случае, если транспортное средство не движется вперед со скоростью более 5 км/ч.

Безопасность АТС должна обеспечиваться в широких интервалах изменения параметров окружающей среды. Условия эксплуатации, хранения и транспортирования АТС в исполнении для различных климатических районов регламентированы ГОСТ 15150-69. Так, для АТС исполнения «У» (для умеренного климата) рабочим температурным диапазоном считается диапазон от  $-45$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , а для АТС исполнения «УХЛ» и «ХЛ» (соответственно, для умеренно холодного и холодного климата) - от  $-60$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Изменение температуры окружающего воздуха за 8 часов для всех исполнений составляет  $40^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое значение относительной влажности воздуха составляет 80% при  $15^{\circ}\text{C}$ , а абсолютное среднегодовое значение влажности -  $11 \text{ г/м}^3$ . Верхнее рабочее значение атмосферного давления составляет 106,7 кПа (800 мм рт. ст.). Нижнее рабочее значение атмосферного давления для АТС, предназначенных для эксплуатации на высотах:

- до 1000 м, составляет 86,6 кПа (650 мм рт.ст.);
- до 2000 м, составляет 73,3 кПа (550 мм рт.ст.);
- до 3000 м, составляет 64,0 кПа (480 мм рт.ст.).

Интегральная поверхностная плотность потока энергии солнечного излучения (верхнее рабочее значение) составляет  $1125 \text{ Вт/м}^2$  ( $0,027 \text{ кал/см}^2\text{с}$ ), в том числе плотность потока ультрафиолетовой части спектра (длина волн 280 - 400 нм) -  $68 \text{ Вт/м}^2$  ( $0,0016 \text{ кал/см}^2\text{с}$ ).

Интенсивность дождя (верхнее рабочее значение) составляет 3 мм/мин.

Концентрация озона в приземном слое воздуха (верхнее рабочее значение) составляет:

- $40 \text{ мг/м}^3$  для исполнений «УХЛ» и «ХЛ»;
- $20 \text{ мг/м}^3$  для исполнения «У».

Скорость ветра (верхнее предельное значение) составляет 50 м/с.

Содержание в промышленной атмосфере коррозионноактивных агентов составляет:

- сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ) - от 20 до  $250 \text{ мг/м}^2\text{сут}$ ;
- хлоридов - менее  $0,3 \text{ мг/м}^2\text{сут}$ .

Размер пылевых частиц при учёте абразивного воздействия принимается равным не более 200 мкм (при скорости 15 м/с), а при учёте пылепроницаемости - не более 50 мкм.

Общие технические требования к безопасности АТС при воздействии низких температур внешней среды определены ГОСТ Р 50995-96. В частности, в этом документе указывается, что на АТС должна быть предусмотрена установка системы предпускового подогрева двигателя и двойного остекления. Обязательны системы отопления и вентиляции пассажирского салона, система предупреждения обмерзания и запотевания ветрового стекла, устройства очистки от влаги сжатого воздуха, поступающего из компрессора в тормозную систему, инструмент и принадлежности с теплоизоляционным покрытием.

Предельная температура надежного пуска двигателя при использовании средств облегчения пуска должна быть:

- не выше  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  - для исполнения ХЛ;
- не выше  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  - для исполнения УХЛ.

Время прогрева двигателя должно быть:

- не более 45 мин - для исполнения ХЛ;
- не более 36 мин - для исполнения УХЛ.

Средства теплоизоляции кабины, пассажирского помещения АТС для исполнения ХЛ должны обеспечивать:

- средний коэффициент теплопередачи кабины - не более  $2,5\text{ Вт/м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- осредненный темп охлаждения - не более  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C/мин}$ .

Программы и методы климатических испытаний АТС регламентированы ОСТ 37.001.481-88 (для исполнения УХЛ и ХЛ) и 37.001.482-88 (для исполнения У). Предусматривается следующий объем испытаний:

- 1) Приемка АТС на испытания.
- 2) Проверка пусковых качеств двигателя.
- 3) Проверка эффективности систем отопления кабины и пассажирского салона.
- 4) Проверка эффективности систем поддержания теплового состояния остановленного двигателя, кабины, пассажирского салона (в том числе автономных систем отопления).
- 5) Оценка термоизоляции кабин и пассажирского салона\*.

---

\* Только для исполнения УХЛ и ХЛ.

- 6) Проверка эффективности систем защиты остекления от обмерзания.
- 7) Оценка баланса электроэнергии.
- 8) Определение концентрации вредных веществ в воздухе кабины и пассажирского помещения.
- 9) Определение скоростных свойств\*.
- 10) Проверка теплового режима агрегатов.
- 11) Определение расхода топлива\*.
- 12) Проверка характеристик и работоспособности элементов тормозных систем.
- 13) Проверка водо-, пыленепроницаемости\*.
- 14) Проверка работоспособности многотопливных двигателей автомобилей многоцелевого назначения.
- 15) Проверка герметичности системы регулирования давления в шинах.
- 16) Проверка работоспособности лебедки.
- 17) Проверка усилий на органах управления.
- 18) Проверка работоспособности самосвальной установки.
- 19) Проверка эвакуационной способности и эвакуационной пригодности АТС.
- 20) Пробеговые испытания АТС (оценка безотказности).

## **1.2. Безвредность воздействия на окружающую среду**

Автомобиль является источником химического загрязнения воздуха, воды и почвы, а также физического воздействия (шум, вибрации, электромагнитные излучения) на окружающую среду. В последнее время этим аспектам уделяется все большее внимание: модернизируются методы определения измерителей, ужесточаются нормы, совершенствуются контроль и система стимулирования.

---

\* Только для исполнения УХЛ и ХЛ.

## 1.2.1. Загрязнение воздуха

### 1.2.1.1. Источники загрязнения воздуха

Источниками выделения загрязняющих веществ на автомобиле являются:

- энергоустановка (отработавшие газы, детали топливopодáющей аппаратуры, системы смазки и охлаждения, аккумуляторная батарея);
- элементы ходовой части (шины, тормозные накладки);
- трансмиссия (диск сцепления, картеры коробки передач, главной передачи);
- покрытия (краски, лаки, пластики, антикоррозийные покрытия и т.п.).

### 1.2.1.2. Нормирование загрязнения воздуха

Нормирование выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами двигателей можно разделить на косвенное и непосредственное.

Косвенно (через предельное содержание в топливе) нормируются выбросы соединений серы и свинца, кроме того, качество топлива влияет на выбросы углеводородов и твердых частиц.

Выбросы  $SO_2$  напрямую связаны с содержанием серы в топливах. Максимальное содержание серы в отечественных сортах дизельного топлива следующее: дизельное летнее и зимнее - 0,5 % по массе, дизельное высококачественное - 0,2%. В отечественных бензинах содержание серы значительно меньше - от 0,01 % (АИ-93) до 0,12 % (А-76 этилированный) [3]. Наиболее жесткие нормы на предельное содержание серы в автомобильных топливах установлены в Калифорнии и Швеции. Калифорнийские нормы, например, требуют, чтобы серы в автомобильных бензинах было не более 0,003% (об.), а в дизельном топливе – не более 0,05% [3].

Наибольшим уровнем токсичности, сравнимым с токсичностью всех остальных ПАУ, отличается бенз(а)пирен, адсорбируемый в виде твердых иглообразных образований на поверхности сажи. Этот продукт образуется при 800 - 900 °С. На переменных режимах – при разгонах и замедлениях – количество выбрасываемого бенз(а)пирена повышается примерно в 10 раз и еще в 10 раз – при запуске холодного двигателя. Одной из причин

образования бенз(а)пирена является наличие в топливе бензола и других ароматических соединений [4]. В настоящее время содержание ароматических компонентов в топливах нормируется. Так, в европейском бензине содержание бензола не должно превышать 5% (об.), в Калифорнии – не более 1% (об.). В дизельном топливе по калифорнийским стандартам ароматических углеводородов не должно быть более 10%, а полиароматических – не более 1,4%.

На образование твердых частиц влияют плотность топлива и его фракционный состав, цетановое число, наличие серы и ароматических углеводородов. Все эти показатели, за исключением серы, взаимосвязаны. Чем тяжелее фракционный состав и выше плотность топлива, тем больше ароматических углеводородов и соответственно твердых частиц в продуктах сгорания. Чем больше в топливе серы, тем выше выбросы сульфатов и связанной с ними воды, доля которых в составе твердых частиц может составлять 20% [3].

При использовании этилированных бензинов в составе твердых частиц присутствует свинец. Содержание свинца в бензинах ограничивается: для бензина марки А-76 - не более 0,17 г/л, АИ-93 и АИ-98 - не более 0,37 г/л. В чистом виде тетраэтилсвинец (ТЭС) к бензинам не добавляется, т.к. продукты его сгорания откладываются в виде нагара на стенках камеры сгорания. В связи с этим в состав этиловой жидкости входят вещества-выносители (дибромпропан, хлорнафталин, этилбромид). Совместное присутствие галогенов и углеводородов в камере сгорания создают условия для образования диоксинов - супертоксикантов, вызывающих канцерогенные и мутагенные эффекты у человека при концентрациях порядка нескольких пикограмм на кубический метр воздуха [5]. Кроме того, наличие в ОГ соединений свинца выводит из строя нейтрализатор отработавших газов, отравляя катализатор. В большинстве развитых стран мира практически полностью отказались от использования этилированных бензинов. В России к 2000 году доля этилированных бензинов снизится лишь до 1/3.

К непосредственно нормируемым вредным веществам относятся:

- диоксид углерода (углекислый газ) -  $\text{CO}_2$ ;
- монооксид углерода (угарный газ) -  $\text{CO}$ ;
- оксиды азота -  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ );

- твердые частицы (графит, металлы, соединения сульфатов, нитратов, высокомолекулярные углеводороды топлива и моторного масла);
- суммарные углеводороды -  $C_xH_y$  (более 40 загрязняющих веществ разного уровня агрессивности и токсичности) \*.

Современное газоаналитическое оборудование и методы измерений (газовая, жидкостная, ионная хроматография, масс-спектрометрия, радиационная флюоресценция, дифференциальный термоанализ и т.д.) позволяют производить оценку не совокупности загрязняющих веществ ( $C_xH_y$ ,  $NO_x$  или твердых частиц), а их отдельных компонентов.

К наиболее опасным веществам, содержащимся в выбросах АТС, которые могут достоверно измеряться, относятся:

- ароматические углеводороды (бензол, толуол),
- полиароматические углеводороды (ПАУ),
- алкины (формальдегид, ацетон, метилэтилкетон, гексанальдегид, кротональдегид, бензальдегид),
- фенолы (фенол, силицилальдегид, м,р,о-крезон),
- хлорфторуглеводороды (ХФУ),
- соединения азота ( $N_2O$ ,  $NH_3$ ,  $HCN$ , нитрозоамины),
- соединения серы ( $SO_2$ ,  $H_2S$ , сульфаты),
- аэрозольные частицы (свинец, асбест,  $Cu$ ,  $Zn$ ,  $Co$ ).

Рассмотрим подробнее существующие в мире стандарты на выбросы АТС.

#### 1.2.1.3. Стандарты на автомобильные выбросы в Европе

Прежде чем перейти к рассмотрению стандартов, приведем существующую классификацию АТС в России\* и Европе\*\*:

---

\* В США также отдельно нормируются выбросы неметановых углеводородов.

\* По ГОСТ 22895-77 и ГОСТ 28429-90.

\*\* По "Сводной резолюции по конструкции транспортных средств", документ TRANS/SC1/WP29/78/Amend.1.



- М1 - пассажирские АТС, имеющие помимо водителя не более 8 мест для сидения;
- М2 - пассажирские АТС, имеющие помимо водителя более 8 мест для сидения и полную массу не более 5 т;
- М3 - пассажирские АТС, имеющие помимо водителя более 8 мест для сидения и полную массу более 5 т;
- N1 - грузовые АТС, полная масса которых не превышает 3,5 т;
- N2 - грузовые АТС, полной массой более 3,5 т, но менее 12 т;
- N3 - грузовые АТС, полная масса которых превышает 12 т;
- О1 - О4 - прицепы;
- L1 - L5 - двухколесные и трехколесные АТС.

Стандарты на выбросы АТС, полной массой до 3,5 т (М1, N1) и более 3,5 т существенно различаются.

Схема существующих в Европе стандартов на выбросы АТС классов М1 и N1 представлена на рис. 2.

С 1999 года Россия перешла к прямому использованию Правил ЕЭК ООН, поэтому имеет смысл более подробно остановиться на рассмотрении этих документов.

Правила № 83 определяют "единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении выбросов загрязняющих веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей" и распространяются на АТС категорий М1 и N1, работающих на этилированном бензине, неэтилированном бензине и дизельном топливе.

Кроме того, в Правилах № 24 оговорены "единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия в отношении видимых загрязняющих веществ", а Правилами № 101 установлены "единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей (М1), оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения объема выбросов двуокси углерода (СО<sub>2</sub>) и расхода топлива".

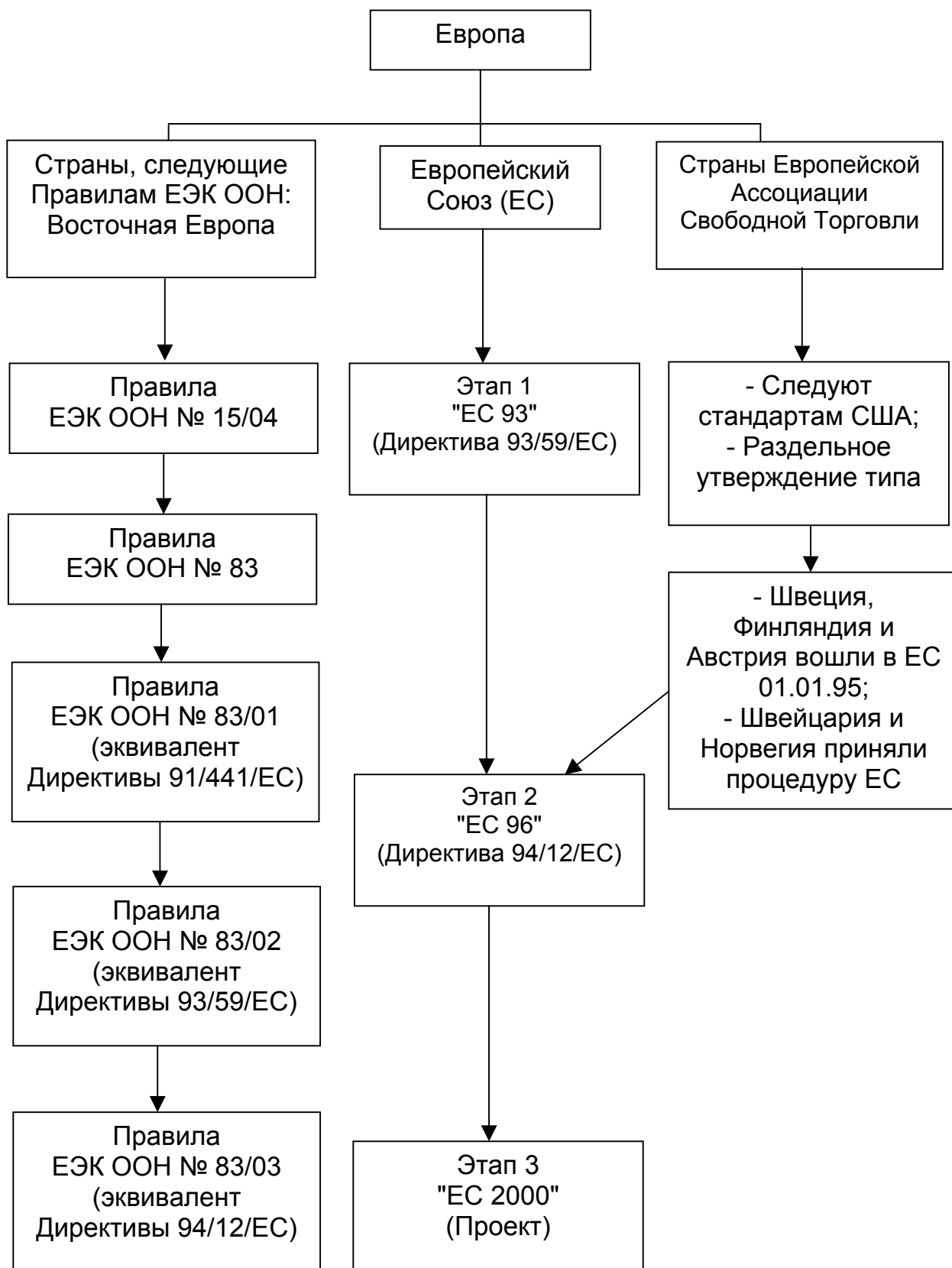


Рис. 2. Схема европейского законодательства по выбросам легковых АТС

Таблица 1

Система официального утверждения АТС по Правилам № 83/01 ЕЭК ООН

Испытания на официальное утверждение	Официальное утверждение А	Официальное утверждение В		Официальное утверждение С	
	М1, N1	М1<2,5 т М1<6 мест	N1; М1>2,5 т М1>6 мест АТС ВП*	М1<2,5т М1<6 мест	N1 М1>2,5 т М1>6 мест АТС ВП
Тип 1	ДА часть 1	ДА части 1+2	ДА часть 1	ДА части 1+2	ДА часть 1
Тип 2	ДА	-	ДА	-	-
Тип3	ДА	ДА	ДА	-	-
Тип4	-	ДА	-	-	-
Тип5	-	ДА	-	ДА	-

Таблица 2

Система официального утверждения АТС по Правилам № 83/02 ЕЭК ООН

Испытания на официальное утверждение	Официальное утверждение А	Официальное утверждение В	Официальное утверждение С
	М1, N1	М1, N1	М1, N1
Тип 1	ДА (массой < 3,5 т) часть 1	ДА (массой < 3,5 т) части 1+2	ДА (массой < 3,5 т) части 1+2
Тип 2	ДА	ДА (массой < 3,5 т)	-
Тип3	ДА	ДА	-
Тип4	-	ДА (массой < 3,5 т)	-
Тип5	-	ДА(массой < 3,5 т)	ДА (массой < 3,5 т)

\* ВП - высокой проходимости

#### 1.2.1.4. Правила №83 ЕЭК ООН

В Правилах № 83 для оценки различных выбросов загрязнителей применяются 5 типов испытаний:

- Тип 1 - проверка среднего уровня выбросов выхлопных газов ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}^*$ ,  $\text{NO}_x^{**}$ , твердых частиц<sup>\*\*\*</sup>) после запуска холодного двигателя при имитации движения автомобиля;
- Тип 2 - проверка концентрации окиси углерода ( $\text{CO}$ ) в режиме холостого хода;
- Тип 3 - проверка выбросов картерных газов;
- Тип 4 - проверка выбросов в результате испарения топлива из системы питания;
- Тип 5 - проверка долговечности устройств, предназначенных для предотвращения загрязнения воздуха.

В таблицах 1 и 2 указаны различные возможности официального утверждения типа транспортного средства по Правилам № 83 с поправками серий 01 и 02.

Официальное утверждение А распространяется на АТС, работающие на этилированном бензине, утверждение В – на АТС, работающие только на неэтилированном бензине<sup>\*\*\*\*</sup>, а утверждение С – на АТС, работающие на дизельном топливе.

---

\* В пересчете на  $\text{C}_1\text{H}_{1,85}$ .

\*\* В пересчете на  $\text{NO}_2$ .

\*\*\* Компоненты выхлопных газов, улавливаемые при температуре до  $52^\circ\text{C}$  в разреженных ОГ с помощью стандартных фильтров.

\*\*\*\* К данной категории АТС относятся лишь те, которые либо имеют уменьшенный диаметр топливозаправочной горловины, либо четкую надпись на топливной горловине «Unleaded fuel only» – «Только для неэтилированного бензина». К данной категории относятся АТС с нейтрализаторами ОГ.

**Испытания типа 1** (проверка среднего уровня выбросов выхлопных газов после запуска холодного двигателя при имитации движения автомобиля) состоят из следующих этапов:

- Транспортное средство устанавливается на динамометрическом стенде, оборудованном системой имитации сопротивления движению и инерции.
- Испытание может проводиться без перерыва в течение 19 мин 40 с и состоять из двух частей, либо без перерыва в течение 13 мин и состоять только из первой части (см. табл. 1 и 2). Первая часть состоит из четырех простых городских циклов. Каждый простой городской цикл состоит из 15 режимов работы (холостой ход, ускорение, постоянная скорость, замедление и т.д.). График городского ездового цикла по Правилам № 83 ЕЭК ООН представлен на рис. 3. Вторая часть состоит из одного внегородского цикла. Внегородской цикл состоит из 13 режимов работы (холостой ход, ускорение, постоянная скорость, замедление и т.д.). График внегородского ездового цикла по Правилам № 83 ЕЭК ООН представлен на рис. 4.

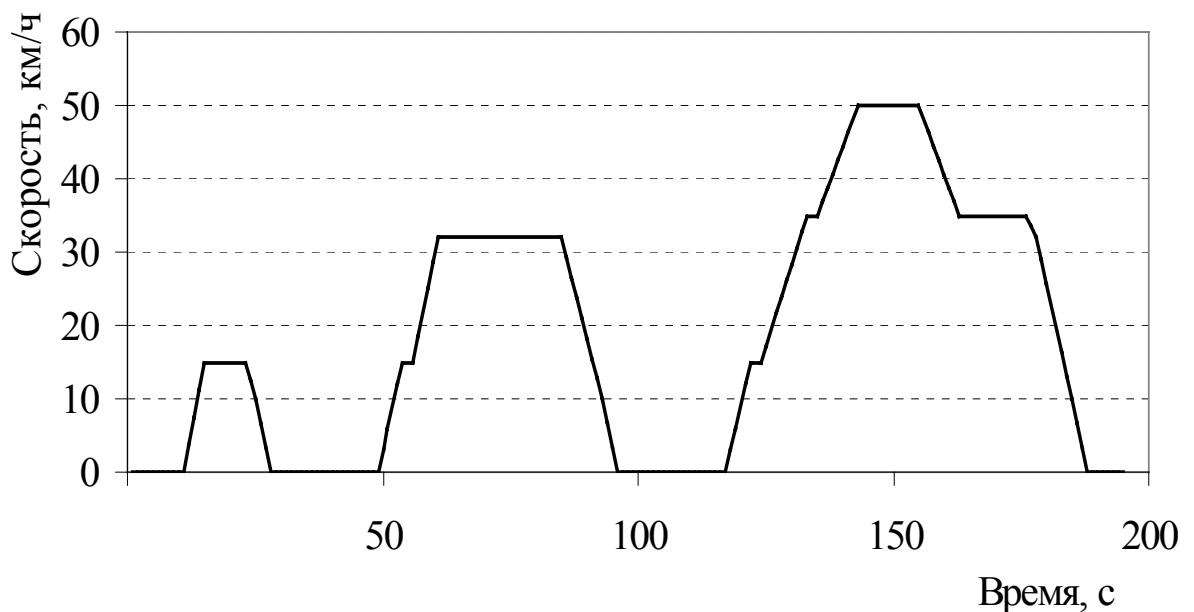


Рис. 3. График городского ездового цикла по Правилам № 83 ЕЭК ООН

Во время испытания выхлопные газы транспортного средства разбавляются очищенным воздухом для предотвращения возможной конденсации загрязнителей, а пропорциональная проба собирается в одну или несколько камер. Пробы анализируются на предмет содержания загрязнителей, после чего рассчитывается общая масса выброшенных за испытание вредных веществ.

Испытания проводятся три раза. Результирующие массы загрязнителей должны быть меньше предельных величин, указанных в приводимых ниже таблицах для соответствующих категорий АТС.

Для официального утверждения АТС категорий М1 и N1, работающих на этилированном бензине, а также АТС высокой проходимости, АТС категорий М1 и N1, полной массой более 2,5 т и/или имеющих более 6 мест для сидения, в Правилах № 83/01 установлены нормы выбросов, представленные в табл. 3.

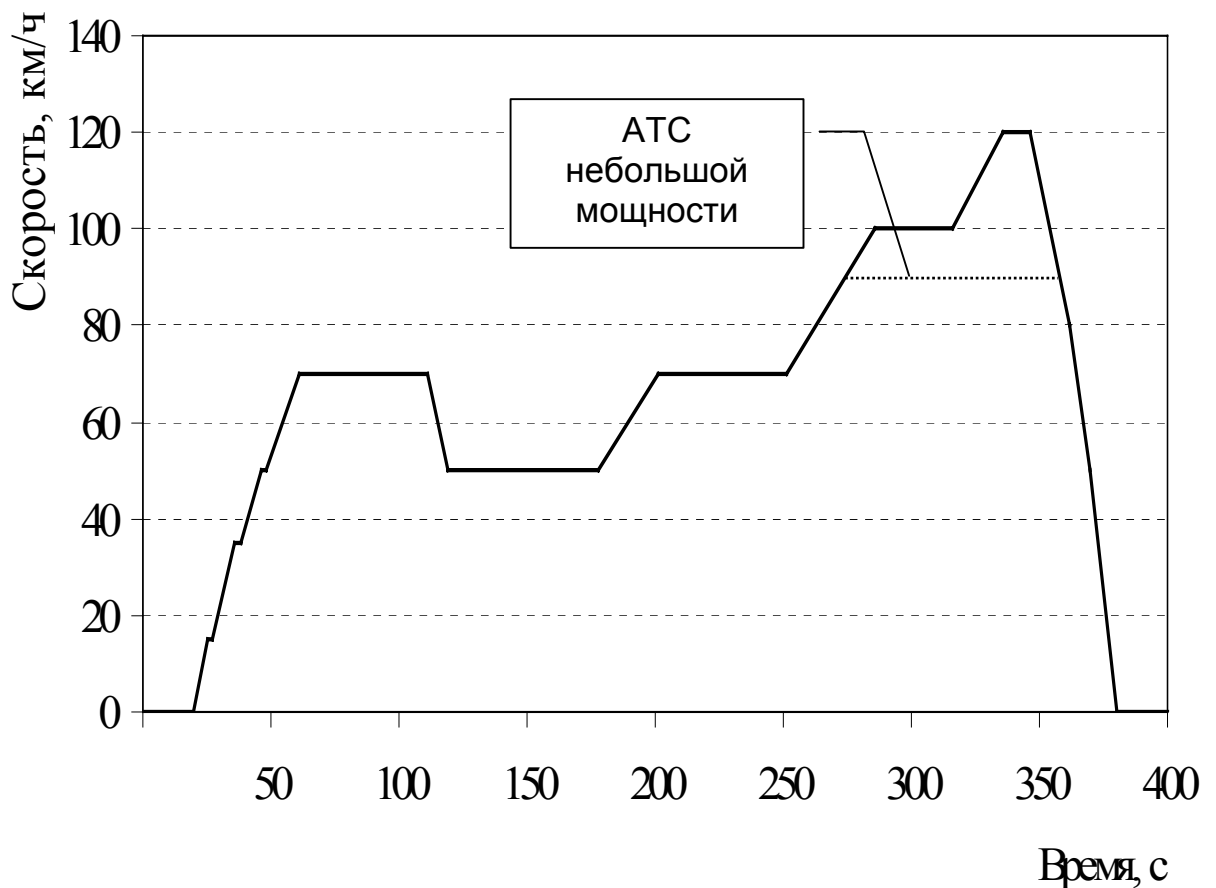


Рис. 4. График внегородского ездового цикла по Правилам № 83 ЕЭК ООН

Таблица 3

Нормы выбросов АТС, испытываемых только в городском цикле (см. табл. 1)

Контрольная масса АТС*, кг	СО, г/испытание**		СН+NOx, г/испытание	
	ОУТ***	ПСП****	ОУТ	ПСП
менее 1020	58	70	19	23,8
от 1020 до 1250	67	80	20,5	25,6
от 1250 до 1470	76	91	22	27,5
от 1470 до 1700	84	101	23,5	29,4
от 1700 до 1930	93	112	25	31,3
от 1930 до 2150	101	121	26,5	33,1
свыше 2150	110	132	28	35,0

Для АТС категории N1, работающих на этилированном бензине, применяются эти же значения, но величины СН+NOx должны быть умножены на коэффициент 1,25.

Для АТС, использующих неэтилированный бензин (Официальное утверждение В) и дизельных АТС (Официальное утверждение С), испытываемых в смешанном ездовом цикле, установлены предельные значения выбросов, представленные в табл. 4. В данной таблице представлены требования, согласно Правилам № 83/01, № 83/02, № 83/03.

В России с 1999 г. по 2001 г. будут действовать нормы, соответствующие поправкам серии 83/01.

**Испытание типа 2** (проверка концентрации СО в режиме холостого хода) проводится на всех АТС, указанных в табл. 1 и 2. Испытание типа 2 проводится сразу после завершения городского цикла (1-я часть) испытания

---

\* Снаряженная масса АТС плюс условная масса 100 кг

\*\* Суммарная протяженность 4-х городских циклов (часть 1, испытание 1-го типа) равна 4052 м

\*\*\* ОУТ - официальное утверждение типа АТС

\*\*\*\* ПСП - проверка соответствия производства

типа 1 на двигателе, работающем на холостом ходу, без использования устройства для запуска двигателя\*.

Таблица 4

Нормы выбросов АТС, испытываемых в смешанном цикле (см. табл.1 и 2)

Категория АТС	Контрольная масса, кг	Предельные величины выбросов, г/км		
		СО	СН+NO <sub>x</sub>	ТЧ
Правила № 83/01 (в скобках - соответствие производства)				
М1*	Все	2,72 (3,16)	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)
Правила № 83/02 (в скобках - соответствие производства)				
М1**	Все	2,72 (3,16)	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)
N1***	до 1250	2,72 (3,16)	0,97 (1,13)	0,14 (0,18)
	от 1250 до 1700	5,17 (6,0)	1,4 (1,6)	0,19 (0,22)
	свыше 1700	6,9 (8,0)	1,7 (2,0)	0,25 (0,29)
Правила № 83/03				
М1**	Все бензиновые	2,2	0,5	-
М1**	Все дизельные	1,0	0,7****	0,08****
N1***	до 1250	2,72	0,97	0,14
	от 1250 до 1700	5,17	1,4	0,19
	свыше 1700	6,9	1,7	0,25

При отборе проб ОГ пробоотборный зонд вводится в выхлопную трубу как можно ближе к глушителю. Концентрация СО (C<sub>CO</sub>) и СО<sub>2</sub> (C<sub>CO2</sub>)

\* Устройство, временно обогащающее рабочую смесь во время запуска двигателя.

\*\* За исключением АТС высокой проходимости, АТС, имеющих полную массу более 2,5 т и АТС, имеющих более 6 мест, включая водителя.

\*\* За исключением АТС, имеющих полную массу свыше 2,5 т и АТС, имеющих более 6 мест, включая водителя.

\*\*\* Включая те АТС категории М1, которые указаны в сноске \*\*.

\*\*\*\* Для АТС, оснащенных дизельным двигателем с прямым впрыском топлива, до 30.09.99 действуют нормы: СН+NO<sub>x</sub> - 0,9 г/км и ТЧ - 0,1 г/км.



определяется по шкале измерительного прибора. После этого рассчитывается скорректированная величина концентрации CO:

$$C_{CO}^{корр} = C_{CO} \frac{15}{C_{CO} + C_{CO_2}}$$

При проведении проверки объемное содержание CO в ОГ не должно превышать 3,5% при регулировке, используемой для испытания типа 1 и не должно превышать 4,5% в пределах области регулировки системы холостого хода.

**Испытание типа 3** (контроль выбросов картерных газов) проводится на всех бензиновых автомобилях, попадающих под действие Правил № 83 (см. табл. 1 и 2).

Измерения проводятся при трех режимах работы двигателя, которые представлены в табл. 5.

Таблица 5

Режимы работы двигателя при контроле выбросов картерных газов

Режим №	Скорость АТС, км/ч	Мощность, поглощаемая тормозом стенда
1	На холостом ходу	Не поглощается
2	50±2	Мощность, соответствующая регулировке для испытаний типа 1
3	50±2	Мощность, соответствующая режиму №2, умноженная на коэффициент 1,7

Во время испытаний измеряется давление внутри картера при помощи манометра, установленного на отверстии для контроля уровня масла. Транспортное средство считается соответствующим требованиям, если при каждом из режимов, упомянутых выше, измеренное давление в картере не превышает атмосферного давления.

Если при каком-либо из перечисленных в табл. 5 режимов измеренное давление в картере превышает атмосферное, то может быть проведено дополнительное испытание. Оно заключается в том, что к отверстию щупа уровня масла через специальный клапан присоединяется пустая эластичная емкость, объемом около 5 л. На каждом режиме испытаний клапан открывается на 5 минут. Транспортное средство

считается выдержавшим испытание, если не наблюдается видимого надувания камеры.

**Испытание типа 4** (определение выбросов углеводородов в результате испарения топлива в системе питания) проводится в специальной герметичной камере и включает следующие этапы:

- Подготовку к испытанию, заключающуюся в паровой очистке АТС (при необходимости), стравливании паров топлива из бензобака, заправке эталонным топливом на 40% номинальной ёмкости бензобака, проведении последовательно 4-х городских ездовых циклов и 2-х внегородских, термостатировании АТС при температуре 293 - 303 К (20 - 30°C) в течение 10 - 36 часов.
- Определение утечки углеводородов в результате испарения из топливного бака при "суточном" изменении температуры окружающего воздуха. Для этого АТС, предварительно заправленное на 40% эталонным топливом с температурой 283 - 287 К (10 - 14°C), помещают в испытательную камеру и начинают подогревать топливный бак. Как только температура топлива достигнет 289 К (14°C) топливный бак закрывают, равно как и саму камеру. При повышении температуры топлива до 289 К (16°C) производят замер концентрации углеводородов, давления и температуры воздуха в камере. Затем в течение за 60 мин увеличивают температуру топлива на 14 К, после чего производят еще одно измерение концентрации СН, давления и температуры.
- Выполнение последовательно 4-х городских ездовых циклов и 1-го внегородского.
- Определение утечки углеводородов из системы питания в результате "горячего насыщения". АТС с выключенным двигателем вкатывают в измерительную камеру не позднее чем через 7 минут после завершения ездовых циклов. После герметизации камеры производится замер концентрации СН, давления и температуры воздуха. Эти же величины замеряются по прошествии 60 мин.

Для расчета количества выбросов углеводородов на каждом из двух этапов испытания применяется следующая формула:

$$M_{CH} = k \cdot V \cdot 10^{-4} \cdot \frac{C_{CH\_f} \cdot P_f}{T_f} - \frac{C_{CH\_i} \cdot P_i}{T_i},$$

где  $M_{CH}$  - масса углеводородов, г;

$C_{CH}$  - измеренное значение объемной концентрации СН в камере (промилле в эквиваленте С);

$V$  - чистый объем камеры за вычетом объема АТС с открытыми окнами и багажником, м<sup>3</sup>;

$T$  - температура воздуха в камере, К;

$P$  - абсолютное давление в испытательной камере, Кпа;

$f$  - индекс окончательного значения;

$i$  - индекс начального значения;

$k$  - коэффициент, определяемый по формуле:  $k = 1,2 \cdot (12 + \frac{H}{C})$ ,

где  $H/C$  - принимается равным 2,33 для "суточной" утечки СН из бензобака;

$H/C$  - принимается равным 2,2 для утечки СН в результате "горячего насыщения".

Суммарный выброс углеводородов за два этапа испытания типа 4 не должен превышать двух грамм.

**Испытание типа 5** (долговечность устройств для предотвращения загрязнения) представляет собой ресурсное испытание при пробеге 80 000 км на испытательном треке, дороге или динамометрическом стенде. Через каждые 10 000 км проводятся испытания типа 1. Полученные данные о выбросах используются для вычисления поправочных коэффициентов\*, показывающих относительное изменение выбросов на пробеге 80 000 км. АТС должно удовлетворять нормам (табл. 4) с учетом поправочных коэффициентов.

В соответствии с требованиями Правил № 83 каждое транспортное средство, имеющее знак официального утверждения, должно соответствовать официально утвержденному типу АТС. Для проверки этого требования в обязательном порядке проводится достаточное количество выборочных испытаний\* АТС серийного производства. Предельные значения выбросов при проверке соответствия производства представлены в табл. 3 (официальное утверждение А) и табл. 4 (официальное

---

\* При помощи регрессионного анализа.

\* Любого типа или всех типов.

утверждение В и С). В поправках серии 03 введено положение, согласно которому нормы на соответствие производства приравниваются нормам для официального утверждения типа АТС. Кроме того, в этих поправках определяется новый статистический метод интерпретации результатов испытаний. Устанавливается процедура отбора, с тем чтобы в том случае, если доля дефектных АТС составляет 40%, вероятность прохождения испытания той или иной партии равнялась 0,95 (риск изготовителя = 5%), а если доля дефектных АТС составляет 65%, вероятность принятия данной серии равнялась бы 0,1 (риск потребителя = 10%).

В настоящее время идет обсуждение норм и методов испытаний АТС, вводимых в эксплуатацию с 01.01.2000. Предполагается реализация следующих нововведений:

- изменение ездовых циклов (удаление первых 40 с холостого хода);
- более жесткие нормы на выбросы (цель - 50 % от 83/03);
- раздельное нормирование для СН и NO<sub>x</sub>;
- дополнительный стандарт на выбросы при низких температурах окружающей среды (-7°C);
- изменение методики определения "суточных" испарений СН из топливного бака (24 часа испытания вместо 1 часа);
- требование к обязательному наличию на автомобиле системы встроенной диагностики (OBD);
- более жесткие требования к надежности (160 000 км);
- введение процедуры эксплуатационной проверки соответствия;
- улучшение качества топлива в соответствии с европейской программой Auto/Oil.

#### 1.2.1.5. Правила № 103 ЕЭК ООН

Испытательная процедура Правил № 83 (тип 1) используется при официальном утверждении сменных\* каталитических нейтрализаторов для АТС категорий М1 и N1 в соответствии с Правилами № 103 ЕЭК ООН.

Требования к АТС, оснащенных сменным каталитическим нейтрализатором, считаются выполненными, если для каждого

---

\* Поставляемых в качестве запасных частей.

контролируемого вещества (СО, СН+NO<sub>x</sub>, твердые частицы) результаты испытаний соответствуют следующим условиям:

$$M_i \leq 0,85 \cdot S_i + 0,4 \cdot G_i;$$

$$M_i \leq G_i,$$

где  $M_i$  - средняя величина выбросов  $i$ -того вещества, полученная в результате трех испытаний типа 1 с использованием сменного каталитического нейтрализатора;

$S_i$  - средняя величина выбросов  $i$ -того вещества, полученная в результате трех испытаний типа 1 с использованием штатного нейтрализатора;

$G_i$  - предельная величина выбросов  $i$ -того вещества в соответствии с официальным утверждением, разделенная в случае проверки соответствия производства на соответствующие поправочные коэффициенты.

#### 1.2.1.6. Правила № 49 ЕЭК ООН

В соответствии с этими правилами официально утверждается:

- тип двигателя как отдельного агрегата;
- тип транспортного средства в отношении его двигателя.

Таблица 6

Нормы выбросов для двигателей АТС, полной массой свыше 3,5 т

	СО, г/кВтч	СН, г/кВтч	NO <sub>x</sub> , г/кВтч	ТЧ, г/кВтч
А (1.7.92)	4,5 (4,9)	1,1 (1,23)	8,0 (9,0)	0,36* (0,40**)
В (1.10.95)	4,0 (4,0)	1,1 (1,1)	7,0 (7,0)	0,15* (0,15**)
С (ПРОЕКТ) (1.1.2000)	2,0	0,6	5,0	0,1

\* В случае двигателей мощностью 85 кВт или менее к указанной величине ТЧ применяется коэффициент 1,7.

\*\* При необходимости данная величина для ТЧ может быть пересмотрена в сторону увеличения, особенно для двигателей мощностью менее 85 кВт.

Если двигатель удовлетворяет требованиям относительно количества выбросов загрязняющих веществ, представленных в табл. 6, то данный тип двигателя считается официально утвержденным\*. Для проверки соответствия производства компетентный орган, предоставивший официальное утверждение, может осуществлять инспекцию, в ходе которой проверяется способность производителя обеспечивать надлежащее

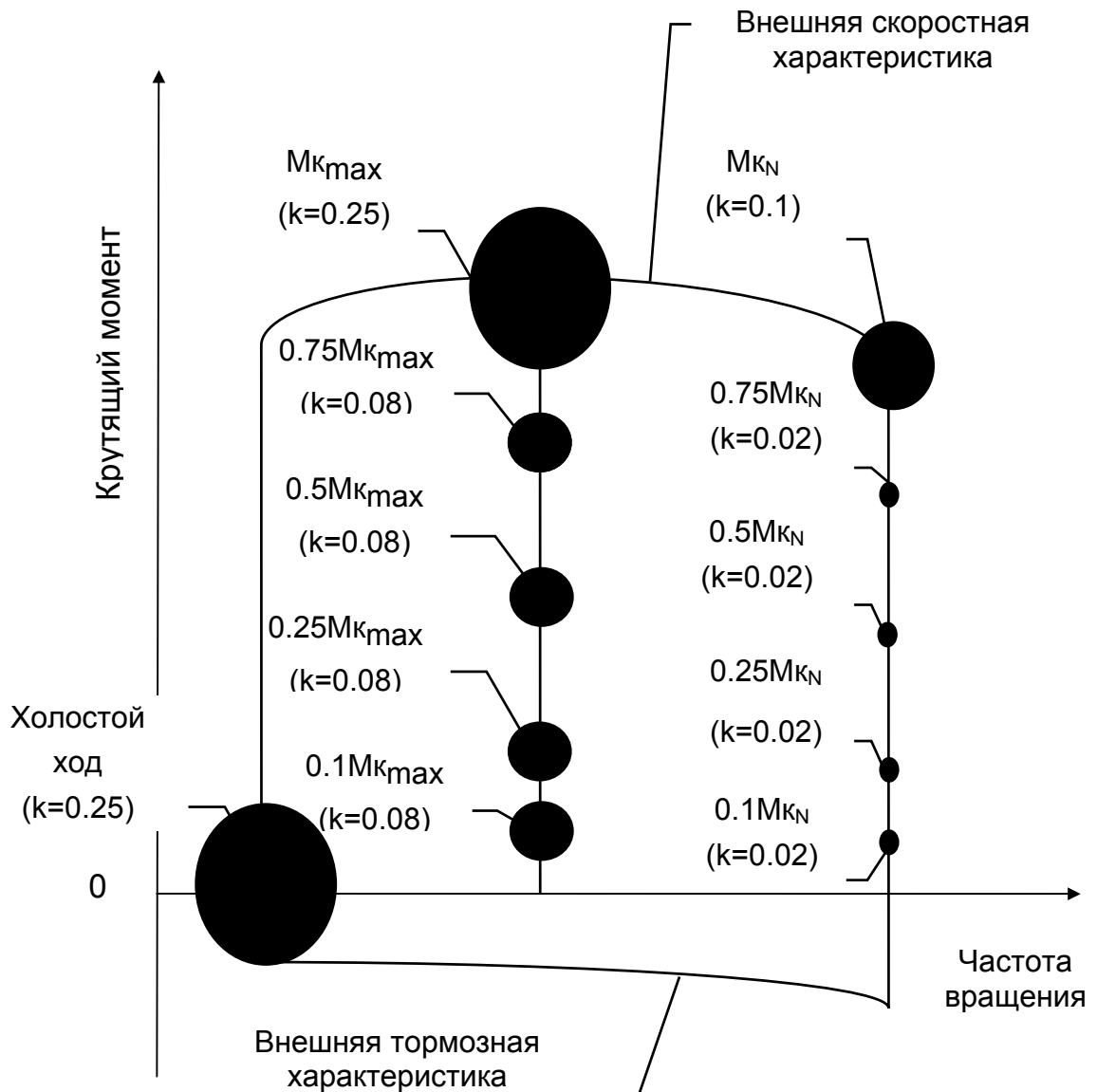


Рис. 5. Режимы испытаний двигателя по Правилам № 49 ЕЭК ООН

\* Для АТС, кроме того, должны быть соблюдены условия установки двигателя на это транспортное средство.

качество продукции. В частности, может быть проведено испытание любого серийного двигателя. Значения предельных величин выбросов серийных образцов указаны в табл. 6 (в скобках). В части "В" (с 01.10.95) нормы на официальное утверждение и на соответствие производства идентичны.

Процедура испытаний двигателя заключается в следующем.

- Двигатель устанавливается на испытательный стенд, соединенный с динамометром.
- Испытания проводятся при определенных условиях окружающей среды.
- Двигатель при испытаниях работает на эталонном топливе.
- Определяется кривая крутящего момента при полной подаче топлива (внешняя скоростная характеристика).
- Осуществляют испытание, состоящее из 13 стационарных (установившихся) режимов, каждому из которых присваивается свой коэффициент весомости ( $k_i$ ). Данные коэффициенты назначаются таким образом, чтобы отражать типичные условия нагружения подобных двигателей в реальной эксплуатации (рис. 5).
- На каждом режиме\* измеряют концентрации CO, CH, NO<sub>x</sub>, TЧ, массовые расходы топлива и воздуха, необходимые температуры а также эффективную мощность.
- Производится расчет массы выбросов каждого загрязнителя на каждом режиме ( $M_i$ ).
- Производится расчет величины удельных выбросов ( $q$ , г/кВтч) по следующей формуле:

$$q_{(CO,CH,NO_x,TЧ)} = \frac{\sum_{i=1}^{13} (M_{(CO,CH,NO_x,TЧ)_i} \cdot k_i)}{\sum_{i=1}^{13} (N_{ei} \cdot k_i)} .$$

---

\* Двигатель должен работать на каждом режиме в течение 6 мин, анализ проб должен осуществляться в последнюю минуту.

В России до сих пор производятся автомобили полной массой свыше 3,5 т с бензиновыми двигателями. Для нормирования выбросов в этом случае используется ОСТ 37.001.070-94.

В соответствии с этим документом новые двигатели подвергаются трем типам испытаний:

- Испытание типа 1 - определение удельных выбросов CO, CH и NOx при работе на режимах, либо показанных на рис. 5\* (аналогичных режимам, установленным Правилами № 49), либо на альтернативных режимах, показанных на рис. 6\*\*. В последнем случае испытание состоит из 4-х циклов, каждый из которых состоит из 9 последовательно повторяющихся режимов. Первым

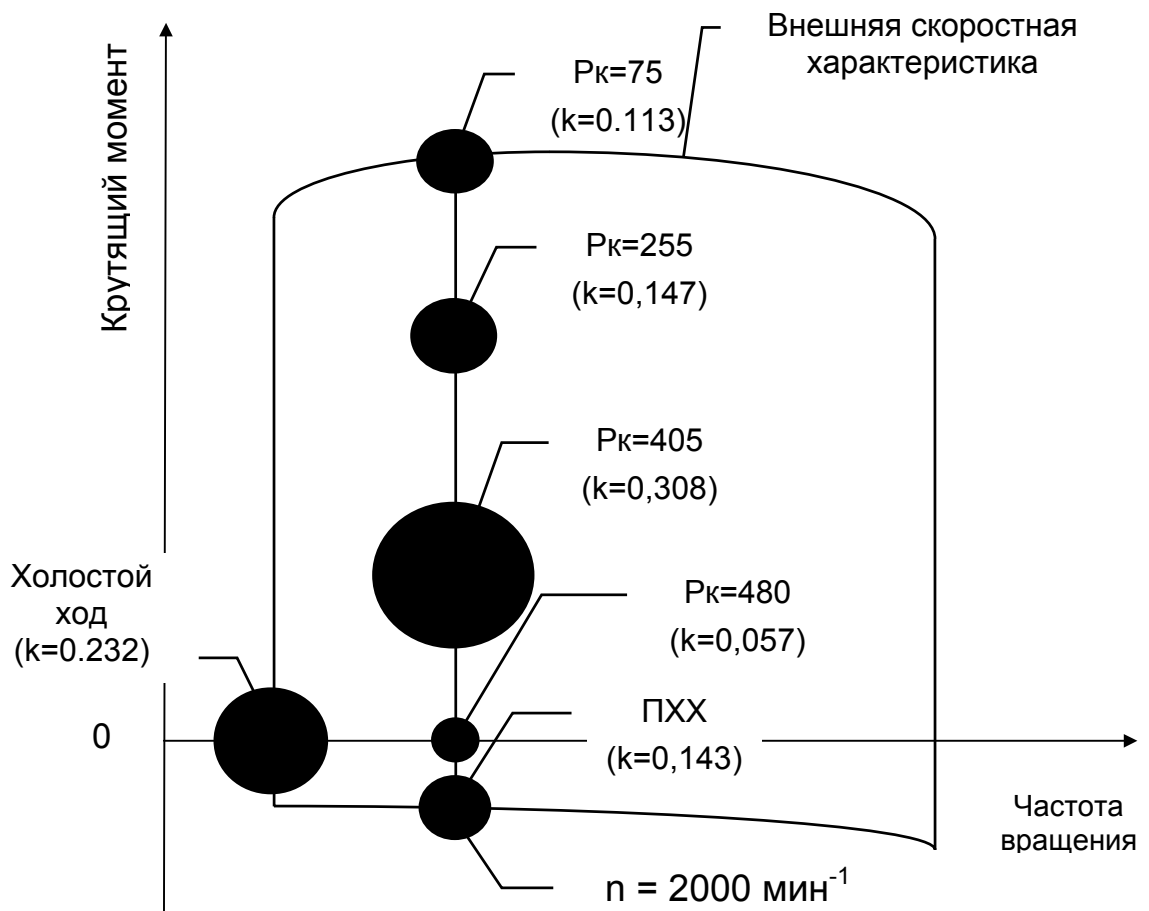


Рис. 6. Режимы испытаний двигателя по ОСТ 37.001.070-94

\* Для двигателей рабочим объемом свыше 5,9 л.

\*\* Для двигателей рабочим объемом не более 5,9 л.



двум циклам присваивается коэффициент весомости 0,35, а двум последним - 0,65. Поскольку нагрузка при этом задается не крутящим моментом, а разряжением во впускном коллекторе ( $P_k$ , мм рт. ст.), то рис. 6 лишь ориентировочно показывает испытательные режимы.

- Испытание типа 2 - определение объемной доли (концентрации) СО на двух режимах холостого хода (с минимальной и повышенной частотами вращения коленчатого вала) по ГОСТ 17.2.2.03-87.
- Испытание типа 3 - проверка отсутствия выбросов картерных газов при работе двигателя на трех режимах:
  - 1) холостом ходу;
  - 2) 75% нагрузки при частоте вращения, соответствующей максимальному крутящему моменту;
  - 3) 50% нагрузки при номинальной частоте вращения.

При проведении испытаний типа 1 на режимах, идентичных режимам, установленным Правилами № 49, используются предельные значения удельных выбросов, представленные в табл. 7. При проведении испытаний типа 1 на альтернативных режимах используются предельные значения, представленные в табл. 8.

Таблица 7

Нормы выбросов бензиновых двигателей, рабочим объемом свыше 5,9 л

Год введения	Предельные выбросы, г/кВтч			
	СО		СН+NOx	
	ПД*	СД**	ПД	СД
1994	95	110	20	23
1996	80	95	17	20

\* ПД - подготовленный двигатель.

\*\* СД - двигатель из серии.

Таблица 8

Нормы выбросов бензиновых двигателей, рабочим объемом не более 5,9 л

Год введения	Предельные выбросы, г/кВтч			
	СО		СН+NO <sub>x</sub>	
	ПД	СД	ПД	СД
1994	50	60	22	27
1996	30	40	21	27

При проведении испытаний типа 2 руководствуются нормами, представленными в табл. 9.

Таблица 9

Нормы содержания СО и СН в отработавших газах по ГОСТ 17.2.2.03-87

Частота вращения	СО, %	СН, млн <sup>-1</sup> для ДВС с числом цилиндров:	
		не более 4	свыше 4
Для автомобилей без нейтрализатора ОГ			
n <sub>min</sub>	3,5	1200	3000
n <sub>пов</sub>	2,0	600	1000
Для автомобилей с нейтрализатором ОГ			
n <sub>min</sub>	1,0	400	600
n <sub>пов</sub>	0,7	200	300

#### 1.2.1.7. Правила № 24 ЕЭК ООН

Данные Правила состоят из трех частей:

- выбросы видимых загрязнителей с ОГ двигателями с воспламенением от сжатия;
- установку на АТС этих двигателей;
- выбросы видимых загрязнителей АТС, двигатель которого не имеет официального утверждения в соответствии с первой частью данных Правил.

Кроме того, данные Правила регламентируют метод определения мощности дизельных двигателей.

Определение выброса видимых загрязняющих веществ производится двумя методами:

- измерение оптической плотности ОГ на установившихся режимах внешней скоростной характеристики;
- измерение оптической плотности ОГ на режиме "свободного ускорения".

Согласно первому методу, испытание проводят на двигателе, работающем с полной подачей топлива в установившемся режиме. Проводится достаточное количество\*\* измерений в диапазоне от минимальной до максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя. При этом обязательными являются точки максимальной мощности и максимального крутящего момента. На каждом режиме измеряют оптическую плотность ОГ, т.е. коэффициент поглощения света, проходящего через поток ОГ, эталонной длины. Для каждой точки рассчитывается номинальный расход ОГ по формуле:

$$G = \frac{V \cdot n}{30 \cdot \tau},$$

где G - номинальный расход ОГ, л/с;

V - рабочий объем двигателя, л;

n - частота вращения коленчатого вала двигателя, мин<sup>-1</sup>;

τ - тактность двигателя.

Двигатель считается прошедшим испытания, если измеренная оптическая плотность ОГ в каждой точке не превышает предельных величин, указанных в табл. 10. Для определения промежуточных точек используется линейная интерполяция.

Таблица 10

Предельные значения оптической плотности ОГ  
при испытаниях в установившихся режимах

Номинальный расход ОГ, л/с	Коэффициент поглощения света, м <sup>-1</sup>
1	2
≤ 42	2,26
45	2,19
50	2,08

\*\* Обычно 6 точек.

Продолжение табл. 10

1	2
55	1,985
60	1,9
65	1,84
70	1,775
75	1,72
80	1,665
85	1,62
90	1,575
95	1,535
100	1,495
105	1,465
110	1,425
115	1,395
120	1,37
125	1,345
130	1,32
135	1,3
140	1,27
145	1,25
150	1,225
155	1,205
160	1,19
165	1,17
170	1,155
175	1,14
180	1,125
185	1,11
190	1,095
195	1,08
≥ 200	1,065

Испытание в режиме свободного ускорения проводится сразу после испытания в установившихся режимах внешней скоростной характеристики. Двигатель отключается от тормозной установки стенда, а при проведении испытания на АТС, включается нейтральная передача. При работе

двигателя в режиме холостого хода "быстрым, но не резким\*" нажатием на педаль газа устанавливается полная подача топлива, которая поддерживается до достижения двигателем максимального числа оборотов и включения регулятора. По достижении такого числа оборотов педаль газа отпускается до тех пор, пока двигатель не достигнет числа оборотов холостого хода. Данный процесс повторяется не менее 6 раз для того, чтобы очистить выхлопную систему и произвести в случае необходимости регулировку аппаратуры. За измеренный коэффициент поглощения принимается среднее арифметическое последних 4-х измерений\*.

Двигатель считается прошедшим испытание в случае, если измеренный коэффициент поглощения светового потока не превышает предельную величину, указанную для номинального режима в табл. 10. Под номинальным режимом понимается установившийся режим с полной подачей топлива (нагрузкой) при максимальной расчетной (номинальной) частоте вращения коленчатого вала двигателя. Предельная величина коэффициента поглощения для двигателей с турбонаддувом увеличивается на  $0,5 \text{ м}^{-1}$ .

#### 1.2.1.8. Правила № 101 ЕЭК ООН

На основании методов испытаний и расчетов, регламентируемых Правилами № 101, официально утверждаются заявленные заводом изготовителем значения выбросов  $\text{CO}_2$  и расхода топлива АТС категории М1. Если измеренные в ходе испытания значения выбросов  $\text{CO}_2$  и рассчитанного расхода топлива не превышают более чем на 4% значения, заявленные заводом изготовителем, то для официального утверждения используются последние. Если же выявлено превышение этих величин более чем на 4%, то для официального утверждения используются результаты испытания\*\*.

Выбросы  $\text{CO}_2$  (в г/км) замеряются в ходе цикла испытаний с имитацией движения АТС в городском и внегородском циклах (части 1 и 2

---

\* Официальная формулировка.

\* В случае их относительной устойчивости.

\*\* Трех образцов, представленных для утверждения.

испытания типа 1 Правил № 83). Расход топлива рассчитывается при помощи метода углеродного баланса с использованием данных о пробеговых выбросах  $CO_2$ ,  $CO$  и  $CH$  по следующей формуле:

$$Q_m = \frac{0.1154}{\rho_m} \cdot (0,866 \cdot E_{CH} + 0,429 \cdot E_{CO} + 0,273 \cdot E_{CO_2}),$$

где  $Q_T$  - расход топлива, л/100км;

$E_{CH}$ ,  $E_{CO}$ ,  $E_{CO_2}$  - пробеговые выбросы  $CH$ ,  $CO$  и  $CO_2$ , г/км

$\rho_m$  - плотность топлива, кг/л.

Для проверки соответствия производства проводится инспекционный контроль системы управления качеством продукции. При необходимости могут быть осуществлены выборочные испытания серийных образцов АТС. При этом заключение о соответствии или несоответствии производства определяется по схеме, изображенной на рис. 7.

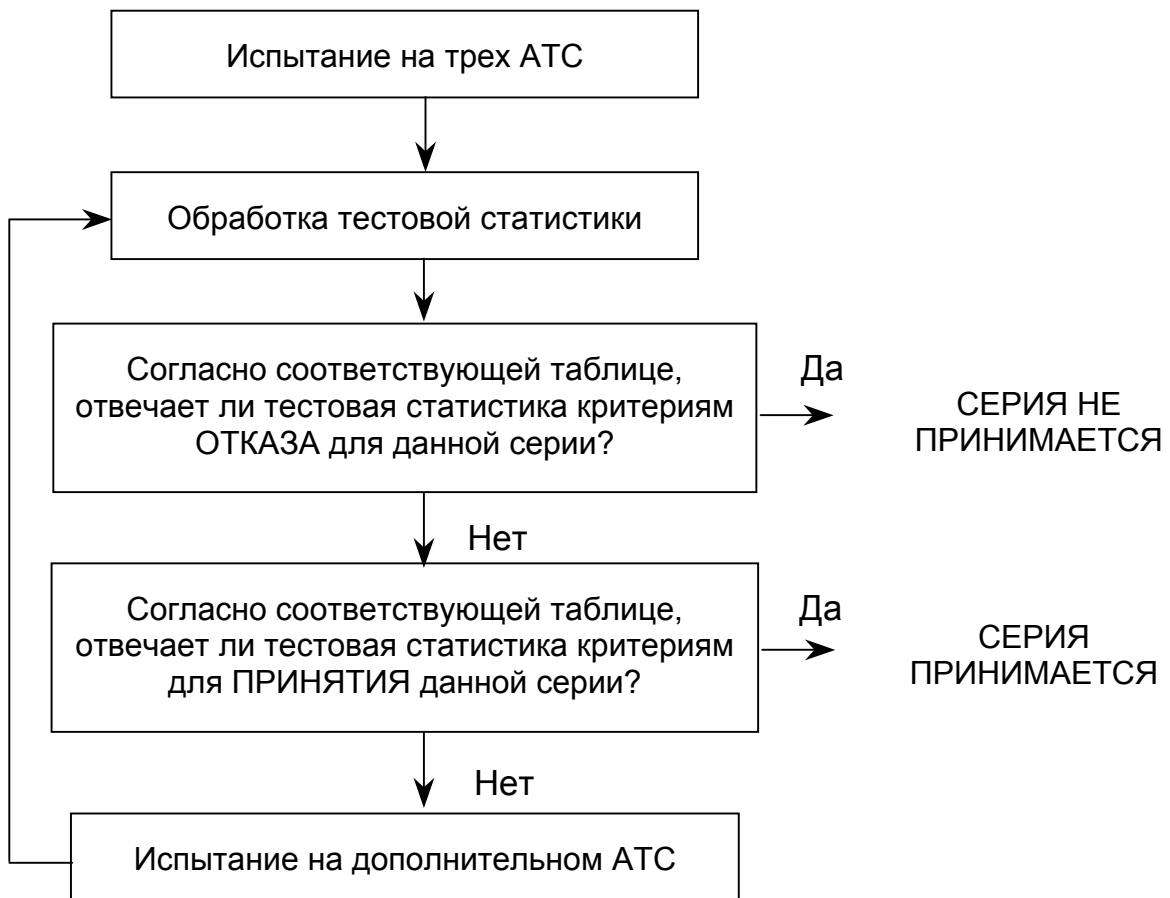


Рис. 7. Схема испытания для проверки соответствия производства

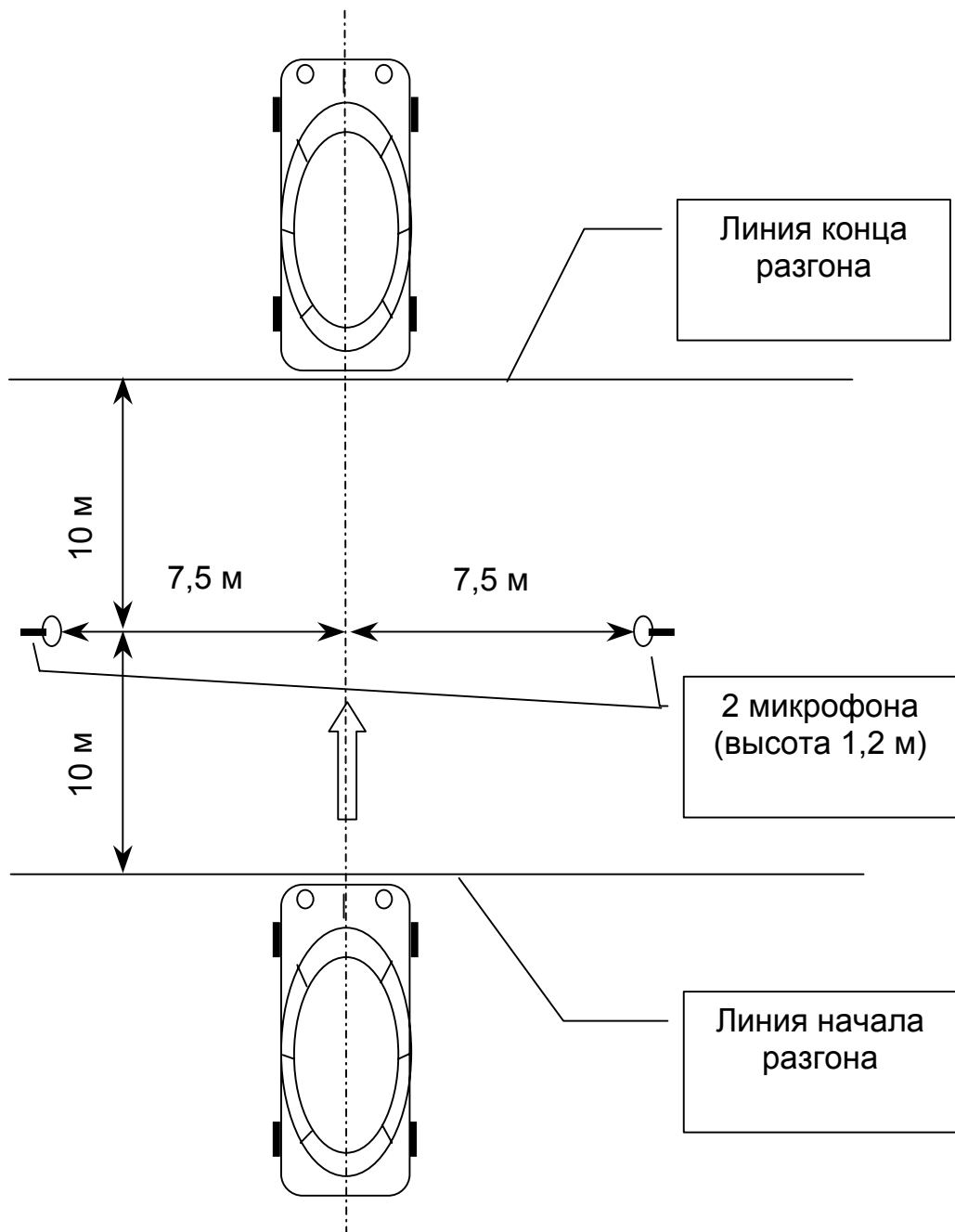


Рис. 8. Схема для измерения уровня шума при разгоне АТС

### 1.2.2. Шумовое загрязнение окружающей среды

Внешний шум АТС нормируется в соответствии с Правилами № 51 ЕЭК ООН. В настоящее время действуют поправки серии 02, принятые 18.04.95 г. АТС, представленные на официальное утверждение, испытываются двумя методами:

- измерение шума при разгоне АТС;
- измерение шума на неподвижном АТС.

Кроме того, АТС с пневматическим приводом тормозов должны дополнительно подвергаться испытанию на измерение уровня шума, производимого сжатым воздухом, в неподвижном состоянии.

Для измерения уровня шума АТС при разгоне специально подготавливается и размечается, как показано на рис. 8, испытательная площадка. К испытательной площадке предъявляются жесткие требования, т.к. от её характеристик зависит измеряемый уровень шума. Площадка должна быть горизонтальной, со специальным оговоренным в Правилах покрытием. На расстоянии 50 м от центральной части площадки не должно быть крупных звукоотражающих предметов. Фоновый уровень шума должен быть по меньшей мере на 10 дБ(А) ниже измеряемого уровня шума от АТС. Испытания должны проводиться при определенных метеоусловиях.

Испытанию подвергается отрегулированный и прогретый до рабочих температур автомобиль в снаряженном состоянии, с шинами обычного типа, накаченными до установленных заводом-изготовителем значений.

Процедура испытания заключается в следующем:

- автомобиль подъезжает с определенной скоростью\* на определенной передаче\*\* к линии начала разгона;
- когда передняя часть АТС пересекает линию, то полностью нажимают педаль газа, которая остается в таком положении до тех пор, пока задняя часть АТС не пересечет линию конца разгона;
- максимальный уровень шума, выраженный в децибелах по кривой А (дБ(А)), измеряется в тот момент, когда АТС проходит между микрофонами.

АТС считается прошедшим испытание, если не превышены допустимые уровни шума, представленные в табл. 11.

Таблица 11

Допустимые уровни внешнего шума автомобилей, дБ(А)

Тип АТС	Правила	Правила
---------	---------	---------

\* Обычно 50 км/ч.

\*\* Обычно на второй передаче.



	№ 51/01	№ 51/02
Пассажирские $\leq 9$ мест включая водителя***	77	74
Пассажирские $\geq 9$ мест полной массой $> 3,5$ т с двигателем мощностью $< 150$ кВт с двигателем мощностью $\geq 150$ кВт	80	78
	83	80

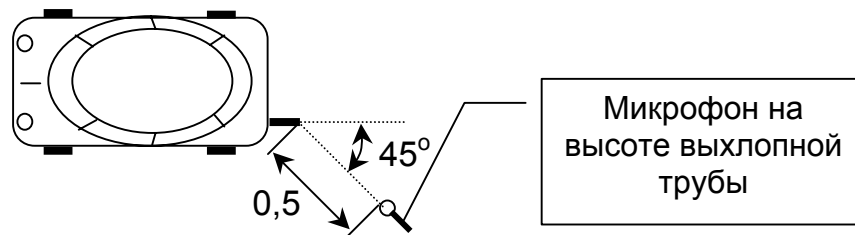


Рис. 9. Расположение микрофона при измерении шума неподвижного АТС

Пассажирские $\geq 9$ мест*** и грузовые полной массой $\leq 2$ т полной массой $> 2$ т, но $\leq 3,5$ т	78	76
	79	77
Грузовые полной массой $> 3,5$ т с двигателем мощностью $< 75$ кВт с двигателем мощностью $\geq 75$ кВт, но $< 150$ кВт с двигателем мощностью $\geq 150$ кВт	81	77
	83	78
	84	80

Для АТС высокой проходимости полной массой более 2 т нормы увеличиваются:

- на 1 дБ(А), если они имеют двигатель мощностью  $< 150$  кВт;
- на 2 дБ(А), если они имеют двигатель мощностью  $\geq 150$  кВт.

Для целей облегчения последующих проверок находящихся в эксплуатации АТС измеряется уровень шума на неподвижном автомобиле.

\*\*\* Для АТС данного типа с дизельным двигателем и непосредственным впрыском топлива, а также АТС с удельной мощностью более 75 кВт/т и имеющих свыше 4-х передних передач нормы увеличиваются на 1 дБ(А).

Требования к испытательной площадке - аналогичны описанным выше. Микрофон в обычных случаях располагается как показано на рис. 9.

В коробке передач должна быть включена нейтральная передача. Двигатель при испытании сначала работает на установившемся режиме холостого хода с частотой вращения коленчатого вала, равной  $3/4$  от номинальной. Затем педаль газа быстро отпускается. Измерение уровня шума производится как в течение установившейся работы двигателя, так и при замедлении. Результатом испытания считается максимальная из этих двух величин.

Для оценки уровня шума пневматического привода тормозов разработано испытание на неподвижном АТС. Измерения проводят, поочередно располагая микрофоны в точках, показанных на рис. 10. Регистрируется наивысший уровень шума при открытии регулятора давления (при этом двигатель работает на холостом ходу) и при выпуске воздуха из систем рабочего и стояночного тормозов после их использования (при этом двигатель выключают).

Уровень шума не должен превышать предельного значения 72 дБ(А).

Как и во всех остальных Правилах ЕЭК ООН, Правила № 51 содержат требования и описание процедуры проверки соответствия производства. Кроме того, Правилами № 59 устанавливается, что комплекты сменных\* глушителей должны проходить официальное утверждение и соответствовать нормам, установленным Правилами № 51.

Звуковое поле автомобиля образуется суперпозицией звуковых полей

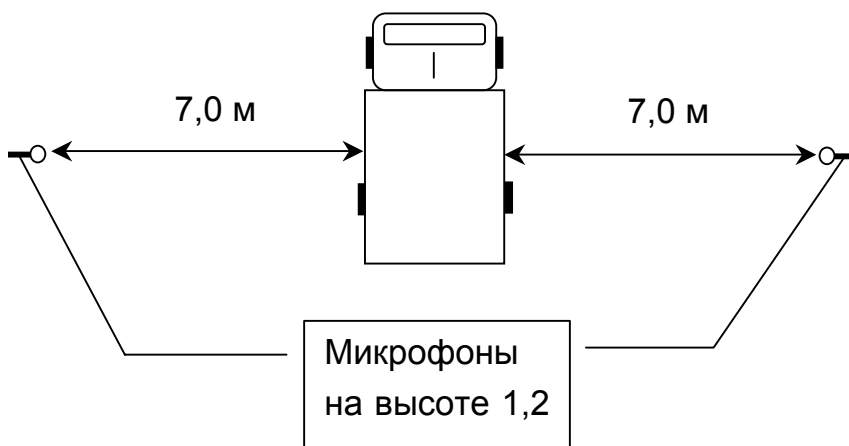


Рис. 10. Расположение микрофонов при измерении уровня шума пневматического привода тормозов

\* Поставляемых как запасные части.

многих излучателей звука (системы впуска-выпуска, поверхностей двигателя, рамы, шин и др.) и оценка излучения этих полей в одной точке не является достоверной. Отсюда потребность в регламентации отдельных спектральных уровней звука в октавных полосах в диапазоне от 31,5 до 8000 Гц, т.к. измерение скорректированного уровня шума по шкале А требует введения существенных поправок на низких частотах.

### 1.2.3. Электромагнитные излучения

Предельный уровень электромагнитных излучений\*\* АТС всех категорий и методы их измерения установлены в Правилах № 10 ЕЭК ООН. Согласно этим Правилам, завод-изготовитель может получить официальное утверждение типа АТС двумя способами:

- испытанием транспортного средства целиком;
- испытанием всех входящих в комплектацию АТС электронных/электрических сборочных устройств (ЭСУ) и выполнением требований по их установке на АТС.

При испытании АТС целиком измеряются как широкополосные, так и узкополосные электромагнитные излучения. Предельные значения излучений устанавливаются для двух расстояний между АТС и измерительной антенной: 10 и 3 метра. Завод-изготовитель может выбирать любое расстояние.

Для проведения испытания выбирается горизонтальная свободная площадка\*, не имеющая поверхностей, отражающих электромагнитные волны, в пределах круга с минимальным радиусом 30 м, измеренным от точки, находящейся на полпути между АТС и антенной. Внешний фоновый шум должен быть, по меньшей мере, на 10 дБ ниже контрольных пределов, указанных в табл. 9. В ходе каждого измерения двигатель должен работать на холостом ходу с частотой вращения коленчатого вала, равной 1500 мин<sup>-1</sup>.

---

\*\* С точки зрения способности АТС удовлетворительно функционировать в электромагнитной среде, не создавая помех для какого бы то ни было объекта, находящегося в этой среде.

\* Испытания могут проводиться в помещении, если будет доказана идентичность результатов.

Антенна устанавливается последовательно слева и справа от АТС на оси, проходящей через середину двигателя (рис. 11). В каждой точке измерения показания должны сниматься как при горизонтальной, так и при вертикальной поляризации антенны. Максимальное из четырех показаний, снятых описанным способом, учитывается в качестве основного показания.

Измерения должны проводиться в диапазоне частот 30 - 1000 МГц. Обычно используется 13 частот: 45, 65, 90, 120, 150, 190, 230, 280, 380, 450, 600, 750, 900 МГц. Результаты измерений выражаются в дБ микровольт/м (микровольт/м) для полосы частот 120 кГц.

Контрольные пределы для широкополосных и узкополосных электромагнитных помех, производимых АТС, представлены в табл. 12.

Таблица 12

### Нормы электромагнитного излучения АТС

Ширина полосы	Предел, дБ мкВ/м при частотах f, МГц		
	от 30 до 75 МГц	от 75 до 400 МГц	от 400 до 1000 МГц
Широкополосные излучения - расстояние до антенны 10 м			
120	34	$34+15,13\log(f/75)$	45
Широкополосные излучения - расстояние до антенны 3 м			
120	44	$44+15,13\log(f/75)$	55
Узкополосные излучения - расстояние до антенны 10 м			
120	24	$24+15,13\log(f/75)$	35

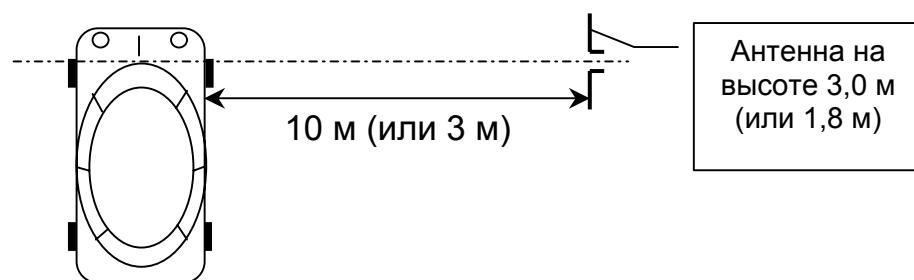


Рис. 11. Симметричная антенна в положении для измерения горизонтальной составляющей электромагнитного излучения

Узкополосные излучения - расстояние до антенны 3 м			
120	34	$34+15,13\log(f/75)$	45

При проверке соответствия производства указанные нормы могут быть превышены не более, чем на 2 дБ мкВ/м.

### 1.3. Транспортный комфорт

Транспортный комфорт для водителя и пассажиров определяется следующими показателями, измеряемыми в определенных точках кабины (пассажирского салона):

- шум;
- вибрация;
- климатические параметры (температура, влажность, скорость движения воздуха);
- состав газовой смеси;
- эргономические параметры (расположение органов управления и усилия на них).

Внутренний шум новых АТС всех категорий нормируется в соответствии с ГОСТ 27435-87. Допустимые уровни внутреннего шума базовых моделей АТС представлены в табл. 13.

Допускается увеличение уровней внутреннего шума:

- полноприводных легковых и грузопассажирских АТС - на 2 дБ(А),
- автобусов с передним расположением двигателя, производства до 01.01.89 - на 2 дБ(А).

Таблица 13

Допустимые уровни внутреннего шума

Тип АТС	Уровни звука дБ(А)	
	до 01.01.91	с 01.01.91
Легковые и грузопассажирские автомобили	80	78
Грузовые автомобили и автопоезда для международных и междугородних перевозок*	82	80
Остальные грузовые автомобили и автопоезда	84	82
Автобусы с передним расположением двигателя: рабочее место водителя	82	80

\* Автомобили, в которых предусмотрено спальное место.

пассажирское помещение	81	80
Прочие автобусы:		
рабочее место водителя	78	78
пассажирский салон (кроме городских автобусов)	82	80
пассажирский салон городских автобусов	84	82

Измерения уровня шума проводят\*\* в следующих точках:

- у сидения водителя на высоте 0,6 м от подушки сидения и со смещением 0,2 м к продольной оси АТС от середины спинки сидения;
- над первым, средним и последним рядом сидений (у сидения, расположенного ближе к продольной оси АТС) на высоте 0,6 м и без смещения от середины спинки.

На рис. 12 показан пример расположения микрофонов для автобуса.

Измерение проводят при разгоне АТС на высшей передаче до скорости 120 км/ч или скорости, соответствующей  $0,9n_{ном}$ . За результат испытания принимают наибольшее значение уровня шума, зарегистрированное в каждой точке.

При регламентировании показателей шума АТС следует учитывать и особенности слухового восприятия шума человеком, которое не совпадает с результатами измерений, а также наличие синергетического эффекта при одновременном воздействии на организм человека шума, вибраций,

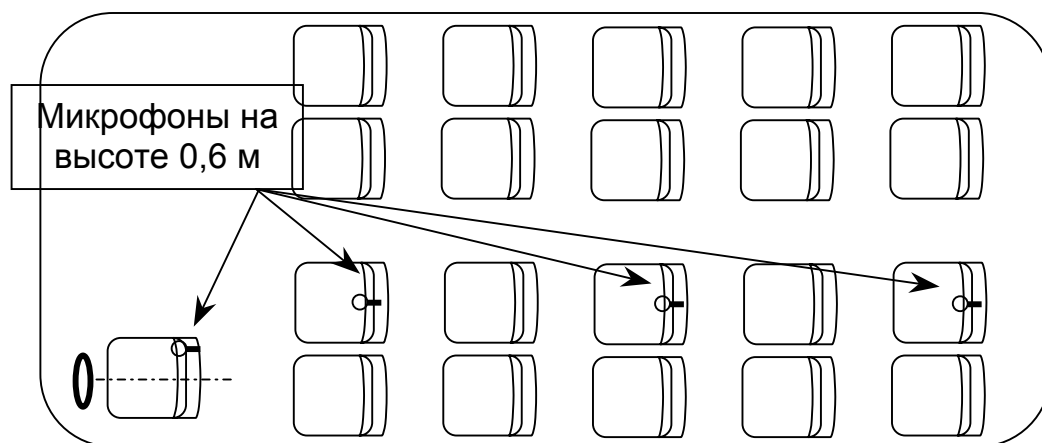


Рис. 12. Точки измерения уровня внутреннего шума.

\*\* В зависимости от числа мест и количества рядов сидений в АТС

температур, состава газовой смеси в салоне.

Другим источником транспортного дискомфорта (для водителя и пассажиров) являются колебания и вибрации, возникающие в процессе движения автомобиля, которые также влияют на работоспособность и состояние здоровья людей. Они рассматриваются в рамках самостоятельного группового свойства - плавности хода.

Оценка плавности хода с позиций ощущений человека связана с наличием частотной и амплитудной чувствительностью различных органов человека, особенно при экстремальных виброускорениях во время движения автомобиля.

Санитарно-гигиенические ограничения предельно допустимого уровня общей вибрации на рабочем месте водителя регламентируются ГОСТ 12.1.012—78 стандартом ИСО 2631/1-85. Безопасным для здоровья считается виброускорение равное  $0,1 \text{ м/с}^2$  в третьоктавных полосах частот при восьмичасовом воздействии, что в интервале частот  $0,7...90 \text{ Гц}$  дает  $0,46 \text{ м/с}^2$  [6].

Согласно ОСТ 37.001.275—84, ОСТ 37.001.291—84 экспериментально оцениваются значения вертикальных, продольных и поперечных виброускорений, которые сопоставляются со значениями предельных технических (но не гигиенических) норм для каждого вида АТС. Поэтому выполнение технических норм отдельным АТС не гарантирует соблюдение гигиенических нормативов в реальной эксплуатации. Преодолеть этот нонсенс призван проект ГОСТа по показателям плавности хода АТС и методам их оценки, однако введение его в действие по ряду причин задерживается. В нем в качестве основных показателей плавности хода предлагается использовать:

- среднеквадратичные значения (СКЗ) виброускорений в третьоктавных полосах частот в диапазонах  $1...63 \text{ Гц}$  по осям X, Y, Z;
- пиковые значения виброускорений (на экстремальных неровностях);
- дозовые вибрации в заданном режиме движения;
- частотно- и амплитуднокорректированные СКЗ с учетом пиковых значений;

- одночисловой интегральный критерий вибронагруженности на основе обобщения базовых показателей и уровня пространственной вибрации с учетом условий эксплуатации.

Электромагнитные излучения, которые могут появиться в АТС в результате насыщения конструкции различными сильноточными, электронными приборами и оборудованием также влияют на самочувствие и здоровье людей. Однако до последнего времени уровень данного негативного воздействия не регламентировался.

Представляется, что в числе показателей, требующих регламентирования должны быть:

- электростатический потенциал кузова,
- напряженность электромагнитного поля в салоне АТС.

Поддержание определенного теплового режима и химического состава газовой среды в салоне (кабине) АТС, влияющего на самочувствие и здоровье человека, связано с обеспечением оптимальных микроклиматических условий (без напряжения механизмов терморегуляции организма человека), и предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе. В этой же группе источников транспортного дискомфорта - месторасположение и усилия на органах управления.

Требования к микроклимату в кабине (пассажирском салоне) АТС регламентированы ГОСТ Р 50993-96. В соответствии с этим документом, система принудительной вентиляции при самостоятельной работе или в составе систем отопления и кондиционирования должна обеспечивать приток свежего (наружного) воздуха в кабину из расчета на одного человека:

- не менее 30 м<sup>3</sup>/ч (за исключением пассажирских помещений автобусов класса 1 по ГОСТ 27815 с отдельной кабиной для водителя);
- не менее 7 м<sup>3</sup>/ч - в пассажирские помещения автобусов класса 1 с отдельной кабиной для водителя.

Система отопления в зависимости от типа и климатического исполнения АТС должна обеспечивать в кабине (пассажирском салоне) микроклимат, параметры которого приведены в табл. 14 и табл. 15.

Таблица 14

Требования к параметрам микроклимата в кабине



## (пассажи́рском салоне) АТС в исполнении У\*

Регламентируемая зона	Параметр	Значение
Рабочее место водителя	Подвижность воздуха, м/с, не более:	
	• в зоне головы,	0,6
	• в зоне пояса.	0,6
	Температура воздуха, °С, не менее:	
• в зоне головы,	10	
• в зоне ног.	16	
	Перепад температур в зонах головы и ног	3 - 10
Пассажи́рский салон	Температура в зоне пояса, °С, не менее	15

Скорости воздушных потоков на выходе из системы вентиляции не должны превышать 12 м/с.

Резервная (аварийная) система отопления должна обеспечивать поддержание температур воздуха в зонах рабочего места водителя и спального места (при его наличии) не ниже 18°С на стоянке АТС при температурах внешней среды до минус 50°С. Должна обеспечиваться непрерывная работа отопителей резервной системы в течение не менее 8 ч без дозаправки и подзарядки с возможностью последующего надежного пуска двигателя.

Температура воздуха при выходе из отопителя не должна превышать 80 °С.

Таблица 15

Требования к параметрам микроклимата в кабине  
(пассажи́рском салоне) АТС в исполнении УХЛ и ХЛ\*

---

\* Данные параметры микроклимата должны обеспечиваться через 15 мин после начала движения при температуре окружающей среды до минус 25°С.

\* Данные параметры микроклимата должны обеспечиваться через 30 мин после начала движения при температуре окружающей среды до минус 40°С (УХЛ) и минус 50°С (ХЛ).

Регламентируемая зона	Параметр	Значение для категорий АТС	
		М1,М2,М3 (классы II и III)	М2,М3 (класс I)
Рабочее место водителя	Подвижность воздуха, м/с, не более:		
	• в зоне головы,	0,6	1,0
	• в зоне пояса.	1,0	1,0
	Температура воздуха, °С, не менее:		
• в зоне головы,	15	10	
• в зоне пояса,	17	12	
• в зоне ног.	19	13	
Перепад температур в зонах головы и ног	3 - 5	3 - 5	
Пассажирский салон	Температура в зоне пояса, оС, не менее:		
	• в зоне ног	10	0
	• в зоне головы	17	10

Конструкция системы кондиционирования должна исключать возможность охлаждения воздуха в зоне головы водителя и пассажиров более чем на 8°С относительно температуры окружающей среды.

Скорость воздушного потока на выходе из системы кондиционирования не должна превышать 12 м/с, а температура воздуха должна быть не ниже 0°С.

Скорость воздуха в зоне головы водителя (пассажиров) при работе системы кондиционирования не должна превышать 0,5 м/с.

Относительная влажность в кабине (пассажирском салоне) должна находиться в пределах от 30% до 60%.

Температура наружных поверхностей воздуховодов может колебаться от 15°С при кондиционировании до 70°С при отоплении.

Основной нормативный документ, регламентирующий санитарно-гигиенические требования к предельно допустимому уровню 1307 вредных веществ в воздухе рабочей зоны (салоне АТС) - ГОСТ 12.1.005 - 88. Но в нем не оговариваются методы определения вредных веществ в салоне

автомобиля, режимы испытаний, используемое оборудование. Подробное описание методик и процедуры испытания на содержание основных\* вредных веществ в воздухе салона АТС приведено в РД 37.052.154-95. В соответствии с этим руководящим документом содержание вредных веществ в воздухе кабины и пассажирского салона АТС не должно превышать значений предельно допустимых концентраций этих веществ для воздуха рабочей зоны (ПДК<sub>рз</sub>) по ГОСТ 12.1.005. При этом в зоне испытаний АТС содержание вредных веществ в атмосферном воздухе не должно превышать разовых предельно допустимых концентраций для воздуха населенных мест (ПДК<sub>мр</sub>).

Испытания проводят на двух режимах:

- тип 1 - установившееся движение со скоростью 50 км/ч;
- тип 2 - холостой ход при минимальной устойчивой частоте вращения двигателя.

Испытания проводят при следующих условиях:

- система отопления выключена при температуре окружающего воздуха выше 15°C и включена при более низкой температуре;
- принудительная вентиляция выключена;
- приток наружного воздуха перекрыт при температуре наружного воздуха ниже 15°C и открыт при более высоких температурах;
- система внутренней рециркуляции выключена;
- окна, двери, люки, форточки АТС закрыты;
- система кондиционирования выключена.

Отбор проб воздуха проводят на рабочем месте водителя, местах расположения пассажиров во втором и последнем ряду сидений со стороны водителя, а также в месте сочленения сочлененных автобусов в вертикальной плоскости симметрии на расстоянии  $1500 \pm 100$  мм от пола. Отбор проб осуществляется после  $20 \pm 5$  мин работы на испытательном режиме.

При испытании типа 2 АТС следует установить таким образом, чтобы срез выхлопной трубы находился против основного направления ветра, допустимая скорость которого должна быть не более 7 м/с.

---

\* Для АТС с бензиновыми и газовыми двигателями - CO, CH, NO<sub>x</sub>, для дизелей и газодизельных АТС - CO, CH, NO<sub>x</sub> и C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>CHO (акролеин).

Методы оценки водопыленепроницаемости кабин и кузовов АТС определены ОСТ 37.001.248-86. Испытания проводятся в пылевой и дождеваальной камере в течение определенного времени, после чего визуально определяются места проникновения пыли (воды) в салон АТС.

Месторасположение органов управления в салоне (кабине) АТС и величины усилий на них регламентируются ГОСТ 21752—76, ГОСТ 20774—75, соответствующими Правилами ЕЭК ООН и устанавливаются на основании гигиенических и эргономических требований для разных типов АТС.

#### **1.4. Сохранение природных ресурсов**

Использование автомобильной техники, как и вообще транспорта, сохраняет, пожалуй, только один природный (с точки зрения человека) ресурс - время. Но весомость этого ресурса для человеческого общества огромна. За экономию времени общество расплачивается истощением многих других природных ресурсов, которое происходит в результате функционирования АТК. Среди них:

- невозобновимые энергоресурсы (нефть, газ, уголь и т.п.);
- полезные ископаемые (руды металлов, минералы и т.п.);
- пресная вода;
- атмосферный кислород;

- трудовые ресурсы (отвлечение трудоспособного населения от других видов деятельности);
- территория;
- биологические ресурсы (леса, поля, водоемы, растения, животные и т.п.).

Потребление вышеперечисленных ресурсов происходит в течение всего жизненного цикла АТС: с момента первых НИОКР и до утилизации и захоронения. На этапах проектирования и производства АТС количество потребленных ресурсов в значительной степени зависит от используемых технологий.



Рис. 13. Схема магистрального ездового цикла на дороге для АТС полной массой до 3,5 .

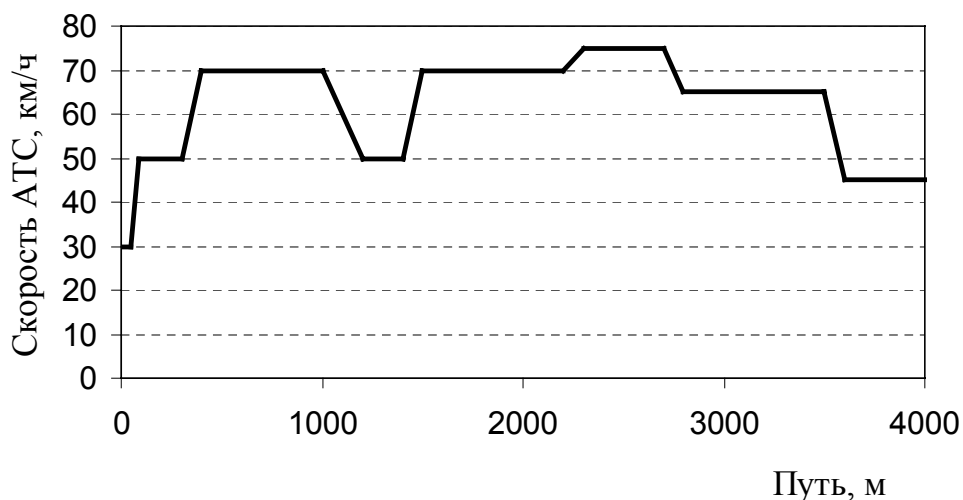


Рис. 14. Схема магистрального ездового цикла на дороге для АТС полной массой свыше 3,5 т

Комплексными измерителями ресурсоемкости конструкции АТС на этапах проектирования и производства можно считать:

- себестоимость АТС;
- номенклатуру и массу конструкционных материалов.

Измерителями ресурсоемкости конструкции АТС на этапе эксплуатации являются:

- удельное потребление эксплуатационных материалов;
- надежность;
- периодичность и объем технического обслуживания;
- ремонтпригодность.

И, наконец, на заключительном этапе жизненного цикла, измерителями ресурсоемкости конструкции АТС являются:

- доля рециклизуемых материалов в конструкции;
- трудоемкость процессов разборки АТС и сортировки деталей;
- стоимость захоронения нерезициклизуемых материалов.

Измерители топливной экономичности АТС, методы их оценки регламентируются Правилами № 84, Правилами № 101 ЕЭК ООН и ГОСТ 20306-90.

Правила № 84 распространяются на АТС категорий М1 и N1, полной массой не более 2 т. Измерителями являются три показателя:

- расход топлива при равномерном движении АТС со скоростью 90 км/ч;
- расход топлива при равномерном движении АТС со скоростью 120 км/ч;
- расход топлива при имитации городского движения на стенде с беговыми барабанами (по ездовому циклу, описанному ранее при рассмотрении Правил № 83).

ГОСТ 20306-90 устанавливает номенклатуру и методы определения расхода топлива АТС всех категорий. Установлены следующие показатели и характеристики топливной экономичности АТС:

- контрольный расход топлива при определенных скоростях движения;
- расход топлива в магистральном цикле на дороге;
- расход топлива в городском цикле на дороге;
- расход топлива в городском цикле на стенде (аналогично Правилам № 84 ЕЭК ООН);

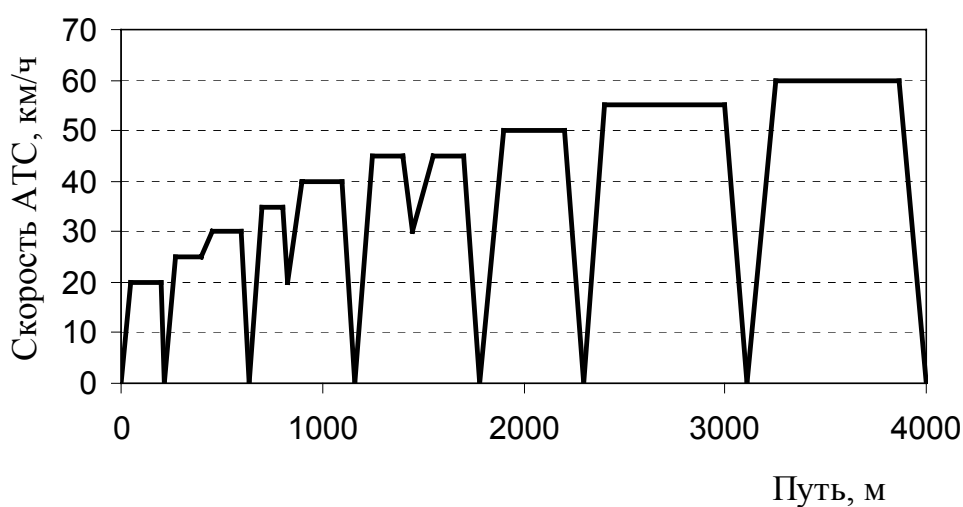


Рис. 15. Схема городского ездового цикла на дороге для АТС полной массой до 3,5 т

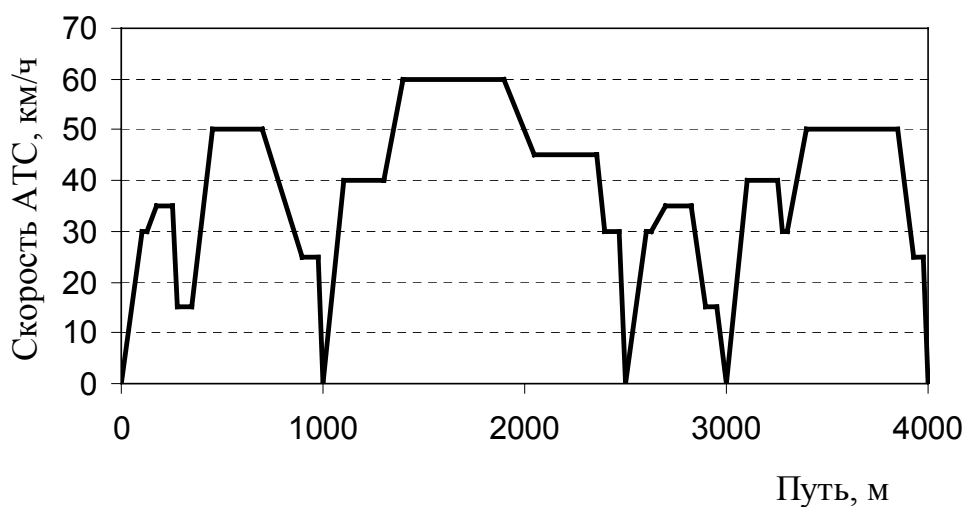


Рис. 16. Схема городского ездового цикла на дороге для АТС полной массой свыше 3,5 т

- топливная характеристика установившегося движения;
- топливно-скоростная характеристика на магистрально-холмистой дороге.

Дорожные испытания предполагают номинальную нагрузку для АТС полной массой более 3,5 т и половину номинальной нагрузки (но не менее 180 кг) для АТС полной массой менее 3,5 т. Для стендовых испытаний используется нагрузка равная 100 кг.

При выполнении ездовых циклов на дороге режим разгона выполняют при полностью нажатой педали газа.

Схемы магистральных и городских ездовых циклов для различных типов АТС представлены на рис. 13 -18.

Для контроля потребления топлива и смазочных материалов в реальной эксплуатации используют линейные нормы расхода топлива в л/100 км, а также нормы расхода моторных и трансмиссионных масел в л/1000 км пробега, которые регламентируются отраслевыми нормативно-техническими документами (НТД).

Потребление запчастей в эксплуатации и при ремонте до последнего времени регламентировалось отраслевыми нормативными документами для каждого конкретного АТС. Этими НТД устанавливаются нормы расхода на капитальный ремонт 100 изделий, коэффициент замены при капремонте, а также норма расхода запчастей на техническое обслуживание и текущий ремонт на 100 изделий в год для основных узлов и агрегатов АТС.

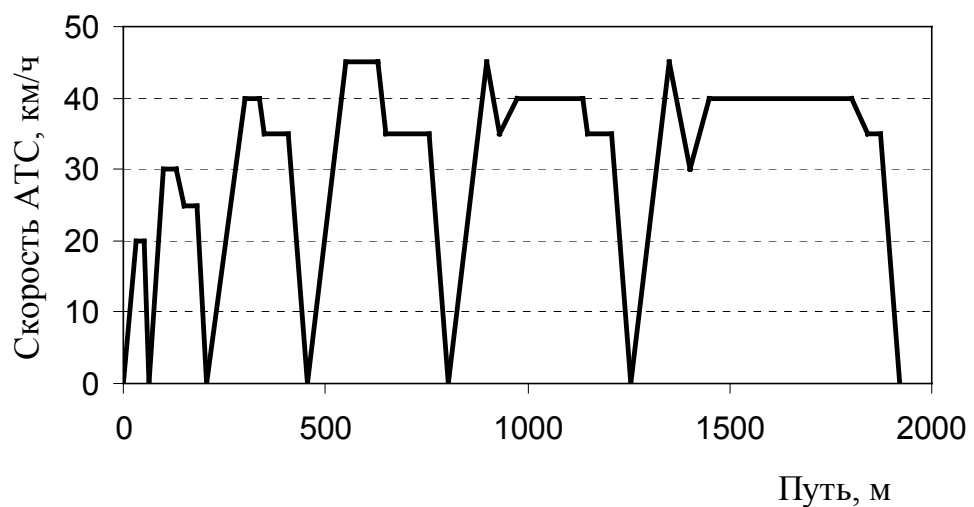


Рис. 17. Схема городского ездового цикла на дороге для городских автобусов



Объемы потребления конструкционных и эксплуатационных материалов в значительной степени зависят от надежности АТС.

Эксплуатационное свойство надежности АТС достойно отражено в НТД и характеризуется следующими показателями:

- долговечностью;
- безотказностью;
- ремонтпригодностью;
- эксплуатационной технологичностью.

Определения и методы оценки данных показателей регламентируются ГОСТ 27.002-89, ГОСТ 4.52-79, ГОСТ 23435-79, ГОСТ 21758-81, ГОСТ 21623-76, ГОСТ 21624-81, ГОСТ 18332-78, РД 37.001.045-87.

Долговечность определяется сроком службы (пробегом) до списания полнокомплектного АТС или сроком службы энергоустановки до ремонтного воздействия, измерителем которой согласно ГОСТ 27.002-89 является ресурс до капитального ремонта.

Однако привязка основного показателя надежности к централизованно устанавливаемому ресурсу, величина которого не является гарантированной заводом-изготовителем (гарантия распространяется только на первые 20 тыс. км пробега), в настоящее время теряет смысл. Показатель долговечности должен характеризовать гарантированную производителем (с вероятностью 90%) надежность конструкции АТС, измерителем которого может быть величина гарантированного пробега (моторесурса, срока службы) до списания, который определяется сроком безремонтной службы рамы (кузова) АТС и/или антикоррозионной стойкостью несущих конструктивных элементов кузова (до появления сквозной коррозии), а также пробег (срок службы) основных агрегатов до ремонта, требующего восстановления или изменения размеров основных сопрягаемых поверхностей базовых деталей.

Безотказность - наработка на отказ за определенный срок службы и удельная трудоемкость ремонтных воздействий отражает преимущественно качественное состояние объекта и зависит от уровня затрат на поддержание его работоспособности.

Уровень безотказности теоретически можно довести до расчетного ресурса изделия, если обеспечить 100% контроль качества всех деталей

АТС, рациональную схему технического обслуживания и планово-предупредительную замену изнашиваемых деталей, а также дублирование функций наиболее ответственных элементов.

Измерителем безотказности в настоящее время является пробег до первого отказа. Целесообразно в качестве измерителя безотказности использовать и число отказов на фиксированном пробеге (между очередными обслуживаниями).

Ремонтопригодность характеризуется величиной трудозатрат и расхода материалов, необходимых для поддержания в технически исправном состоянии АТС с проведением ограниченного числа технических обслуживаний и ремонтов с частичной заменой наиболее изнашиваемых деталей без демонтажа двигателя и ведущих мостов. Объем ремонта при этом не должен предусматривать дефектовку основных корпусных деталей этих агрегатов и мест крепления к шасси.

В качестве измерителя ремонтпригодности следует использовать суммарную удельную оперативную трудоемкость ремонтов АТС за период гарантированного пробега до списания.

Из регламентируемых показателей эксплуатационной технологичности уровень истощения материальных и трудовых ресурсов в наибольшей степени характеризуют периодичность и удельная трудоемкость проведения технических обслуживаний за период гарантированного пробега.

Регламентируемые показатели эксплуатационной технологичности - удельная оперативная трудоемкость технического обслуживания в чел.час/1000 км пробега, а также периодичность проведения регламентных работ обслуживания (количество технических обслуживаний за гарантированный пробег до списания) для отдельных марок АТС.

## **1.5. Транспортная эффективность**

Транспортная эффективность определяется следующими свойствами АТС:

- тягово-скоростные свойства;
- приспособленность к специфическим условиям перевозок пассажиров и/или различных грузов;
- приспособленность к погрузочно-разгрузочным (посадке-высадке пассажиров) работам.

Тягово-скоростные свойства определяются согласно Правилам № 68 ЕЭК ООН или соответствующему этим Правилам ГОСТ 22576-90. Установлены следующие показатели и характеристики скоростных свойств АТС:

- максимальная скорость;
- время разгона на заданном пути\*;
- время разгона до заданной скорости\*\*;
- скоростная характеристика «разгон – выбег»;
- скоростная характеристика «разгон на передаче, обеспечивающей максимальную скорость».

Требования к нагрузке (массе груза) - аналогично ГОСТ 20306-90 и Правилам № 84.

Более подробно показатели тягово-скоростных свойств рассмотрены в [7].

Измерение полезной мощности двигателя внутреннего сгорания производится в соответствии с Правилами № 85 ЕЭК ООН. Двигатель устанавливается на испытательный стенд в следующей комплектации:

- Система выпуска - впускной коллектор, заборник для рециркуляции картерных газов, воздушный фильтр, глушитель шума всасывания, ограничитель скорости.
- Подогревательное устройство впускного коллектора, по возможности отрегулированное на оптимальный режим работы.
- Система выхлопа - очиститель выхлопных газов, коллектор, устройство наддува, патрубки, глушитель, выхлопная труба, устройство для дросселирования выхлопа.
- Топливный насос.
- Карбюратор - электронная система регулирования (редукционный клапан, испаритель, смеситель - для газовых ДВС).

---

\* Как правило, на пути 400 и 1000 м.

\*\* 100 км/ч - для АТС полной массой до 3,5 т;  
80 км/ч - для АТС полной массой свыше 3,5 т;  
60 км/ч - для городских автобусов.

- Оборудование для впрыска топлива - фильтры, насос, форсунки, воздушная заслонка, регулятор, электронная система регулирования, ограничитель предельной нагрузки.
- Оборудование для жидкостного охлаждения - радиатор, вентилятор, водяной насос, термостат, обтекатель вентилятора.
- Воздушное охлаждение - обтекатель, воздуходувка, регулятор.
- Электрооборудование серийного производства.
- Оборудование наддува - компрессор, промежуточный теплообменник, насос или вентилятор охладителя, регулятор.
- Устройство против загрязнения воздуха - система рециркуляции ОГ, нейтрализатор, термореакторы, система вторичного наддува, система контроля за испарением топлива.

Испытание для определения полезной мощности должно проводиться при полностью открытой дроссельной заслонке в случае двигателей с принудительным зажиганием и при полной нагрузке насоса для впрыска топлива в случае дизельных двигателей. Проводится достаточное количество измерений при различной частоте вращения (от минимальной до максимальной) с тем, чтобы правильно определить кривую мощности.

Испытание проводится при стандартных метеоусловиях с использованием эталонного топлива.

Величина полезной мощности, указанная заводом-изготовителем, считается приемлемой, если она не отличается от величин, полученных технической службой на двигателе, представленном для испытания, более чем на  $\pm 2\%$  для максимальной мощности и на  $\pm 4\%$  для других точек измерения на кривой при допуске  $\pm 1,5\%$  для числа оборотов двигателя.

С 09.07.96 Правила № 85 регламентируют также методы измерения полезной мощности и максимальной 30-минутной мощности систем электротяги (поправка 1, дополнение 1). Система электротяги должна быть оборудована следующим вспомогательным оборудованием:

- Стабилизированный источник постоянного тока.
- Вариатор скорости и устройство управления.
- Жидкостное охлаждение - радиатор, вентилятор, обтекатель вентилятора, водяной насос, термостат.
- Воздушное охлаждение - воздушные фильтры, обтекатель, воздуходувка, система корректировки температуры.

- Серийное электрооборудование.

Питание системы электротяги должно обеспечиваться при помощи источника постоянного тока с максимальным падением напряжения 5% в зависимости от времени и силы тока.

Перед началом испытания электродвигатель и весь комплект оборудования выдерживают при температуре  $25\pm 5^{\circ}\text{C}$  в течение минимум двух часов\*.

Для определения полезной мощности испытания должны производиться при достаточном числе измерений для разных частот вращения (от нуля до максимальной) с тем, чтобы правильно определить кривую мощности. Все испытание должно быть проведено в течение 5 минут.

Для определения максимальной 30-минутной мощности система электротяги должна функционировать на стенде, развивая мощность, соответствующую наибольшей расчетной максимальной 30-минутной мощности, определенной заводом-изготовителем.

Число оборотов должно быть в таком диапазоне, когда полезная мощность превышает 90-процентную максимальную мощность, измеренную по описанной выше процедуре. Это число оборотов должно рекомендоваться заводом-изготовителем.

Число оборотов и мощность должны регистрироваться. Диапазон мощности должен соответствовать мощности в начале испытания  $\pm 5\%$ . Максимальная 30-минутная мощность - это средняя мощность в течение 30-минутного периода.

Величина полезной мощности и максимальной 30-минутной мощности для систем электротяги, указанная заводом-изготовителем, считается приемлемой, если она не отличается от величин, полученных технической службой на системе тяги, представленной для испытания, более чем на  $\pm 2\%$  в случае максимальной мощности и более чем на  $\pm 4\%$  в случае других точек измерения на кривой мощности при допуске  $\pm 1,5\%$  для числа оборотов электродвигателя.

---

\* Четырех часов перед определением максимальной 30-минутной мощности.

## 2. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АТС

Рассмотрим некоторые возможные способы комплексной оценки экологической безопасности АТС. Описываемые далее методы предполагают относительную оценку, т.е. сравнение данной конструкции (АТС) с неким базовым прототипом. При этом могут использоваться следующие критерии.

### 2.1. Критерий парного сравнения

В первом приближении экологическую эффективность модернизированного АТС при сравнении с базовым объектом можно оценить по совокупности показателей:

$$x = //x_1, x_2, \dots, x_n//, n = 5...50$$

в результате парного сравнения значений измерителей одиночных показателей базового (Б) и рассматриваемого объекта (А) в виде:

$x_A > x_B$  (превосходит базовый);

$x_A = x_B$  (соответствует базовому);

$x_A < x_B$  (уступает базовому);

при  $x_A \leq x_O$ , где  $x_O$  - вектор ограничений.

Предполагается, что все значения рассматриваемых измерителей одиночных показателей ограничены сверху и снизу:

$$[x_i] < x_i \leq x_{O_i}, i = 1, n$$

Где  $[x_i]$  — вектор значений измерителей одиночных показателей, приведенных в нормативно-технической документации.

При одновременном сравнении значений более 10 измерителей однозначно охарактеризовать экологичность конструкции АТС по данному критерию, как правило, затруднительно. Тогда следует использовать другие критерии.

### 2.2. Составной критерий

При осуществлении сравнения вариантов одновременно по большому числу различающихся по физической природе измерителей следует использовать составной критерий в виде функции ценности  $\Phi [g(A_i)]$ .

Эта функция ставит в соответствие каждому значению  $x$  некое действительное число – параметр ценности  $g(x)$ . Причем  $x$

предпочтительней  $x'$  только тогда, когда  $g(x) > g(x')$ , а  $x$  равноценно  $x'$  только в том случае, если  $g(x) = g(x')$ .

Если функция аддитивна, то для  $i = 1, \dots, n$  ( $n > 3$ ) измерителей параметр ценности можно представить в виде:

$$g(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot g_i(x),$$

где  $g_i$  – измерители свойств, выраженные значениями в безразмерном виде;

$\gamma_i$  – весовые (шкалирующие) коэффициенты, характеризующие ценностные соотношения между измерителями и удовлетворяющие условию:

$$\sum_{i=1}^n \gamma_i = 1.$$

Значения коэффициентов весомости отдельных измерителей АТС, установленные экспертным путем, приведены в табл. 16.

Таблица 16

Весомость измерителей эксплуатационных свойств АТС (экспертные оценки)

Измерители	Весомость измерителей, %				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Тормозные свойства	6,8	3,9	3,9	7,0	7,0
Управляемость, устойчивость	0,1	0,1	0,1	3,0	3,0
Обзорность, освещение, сигнализация	1,1	2,5	2,5	5,0	5,0
Травмобезопасность	0	0	0	6,5	6,5
Загрязнение воды	2,54	3,14	3,29	2,18	2,2
Загрязнение почвы	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25
Тепловое загрязнение	2,0	2,0	1,5	1,25	1,25
Шум	6,9	6,9	7,4	5,35	5,5
Вибронагруженность	1,5	1,5	2,0	4,5	4,5
Электромагнитное излучение	2,0	2,0	1,5	2,385	2,375
Качество среды обитания в салоне	0,1	0,1	0,1	5,375	5,375

Продолжение табл. 16

1	2	3	4	5	6
Загрязнение воздуха	22,96	28,36	29,71	19,72	22,3
в том числе выбросами CO <sub>2</sub>	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0
CO	3,0	3,5	4,15	2,75	2,5
СН (включая ПАУ)	10,0	10,5	7,35	5,5	4,25
NO <sub>x</sub>	7,35	10,35	8,3	8,17	8,0
Твердых частиц	0,5	0,5	5,56	0,5	4,5
SO <sub>2</sub>	1,56	2,46	2,8	1,75	2,0
Pb	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Комфортабельность салона, габариты	0	0	0	3,25	3,25
Потребление конструкционных материалов	10,0	7,0	5,5	3,0	2,0
Потребление эксплуатационных материалов	7,4	11,4	11,4	7,4	7,25
Потребление энергоресурсов	6,0	5,0	5,0	4,0	2,25
Трудозатраты	7,5	8,0	8,0	2,6	2,5
Водопотребление	1,1	1,1	1,1	0,5	0,5
Потребление кислорода воздуха	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Воздействие на биоту и отчуждение земель	0	0	0	0	0
Приспособленность к выполнению перевозок	0,6	0,5	0,5	3,0	3,0
Тягово-скоростные свойства	15,9	10,0	10,0	8,5	8,5
Маневренность, проходимость	0	0	0	0	0
Пусковые свойства	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0
ВСЕГО	100	100	100	100	100

В данной таблице приведены коэффициенты весомости для АТС следующих типов: 1 – легковые АТС, 2- грузовые с бензиновыми двигателями, 3 - грузовые с дизелями, 4 - автобусы с бензиновыми двигателями, 5 - автобусы с дизелями.

В зависимости от направленности вектора целеполагания (например, экологичность) конструкция  $j$ -го АТС будет считаться наиболее предпочтительной, если:

$$\Phi_j = \Phi[\vartheta(A_j)] = \left[ \sum_{i=1}^n \vartheta(x_{ij}) \right]_j \in J \rightarrow \max, \text{ балл}$$

Здесь  $j$  - вариант АТС;  $n$  - количество измерителей.



Использовать этот критерий можно, ориентируясь на результаты испытаний АТС и двигателей, а также на оценки параметров за период жизненного цикла, в том числе с использованием экспертных систем. В этом смысле данный критерий является универсальным.

Недостатком метода является субъективность оценок весовых коэффициентов, используемых для сведения в единый интегральный измеритель разнородных по физической природе параметров.

### **3. ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АТС**

Разработка технологий, позволяющих снизить потребление невозобновимых ресурсов и количество вредных выбросов, является важнейшим экологическим вызовом для автомобильной промышленности.

В данной главе представлены основные направления развития конструкций АТС, определяющих уровень экологической чистоты автомобиля в начале XXI века.

На внедрение той или иной технологии влияют следующие факторы:

- Технические конфликты. Определенные решения, которые ведут к улучшению одних экологических показателей, могут одновременно ухудшать другие показатели. Например, снижение расхода топлива может вызвать рост выбросов и т.д.
- Официальные приоритеты и требования в разных странах. Разобщенность стандартов в разных странах ведет к увеличению дорогостоящих испытаний. В Европе, например, особое внимание уделяется снижению расхода топлива (и выбросов CO<sub>2</sub>), а в Северной Америке - выбросам токсичных веществ (CO, CH, NO<sub>x</sub>).
- Приемлемость технологии для потребителей. В большинстве случаев более эффективные технологии более дорогие. Внедрение технологии зависит как от её приемлемости для покупателей, так и от различных субсидий, таких, как снижение налогов на АТС или топливо.
- Доступность топлива и сервиса. Компания, инвестирующая в новую технологию, должна быть уверена, что существует надлежащая сеть сервисных пунктов и заправочных станций.

- Требования качества и безопасности. Новая технология должна обеспечивать, по крайней мере, такой же уровень качества, удобства и безопасности, что и существующие автомобили.

### 3.1. Модернизация существующих типов двигателей АТС

Очевидно, что улучшение характеристик существующих типов двигателей представляет первоочередную задачу автостроения.

Двигатели внутреннего сгорания имеют крайне низкую эффективность из-за больших потерь теплоты и механических потерь. Ведутся интенсивные поиски путей снижения этих потерь. Например, возможно снизить внутренние потери, делая более легкий коленчатый вал, применяя более точные методы производства. Благодаря прогрессу в микропроцессорных системах контроля, а также лучшему пониманию рабочих процессов, достигается беспрецедентная экономичность, снижаются выбросы и шум, повышается мощность.

Необходимо отметить, что наряду с совершенствованием рабочих процессов ДВС ведутся работы по повышению эффективности систем нейтрализации ОГ. Ужесточение нормативов на выбросы ставит перед инженерами все новые задачи. Так, все больший вес (до 90%) приобретают выбросы СН при запуске и прогреве двигателя, когда обычный 3-компонентный нейтрализатор практически не действует. Для решения этой

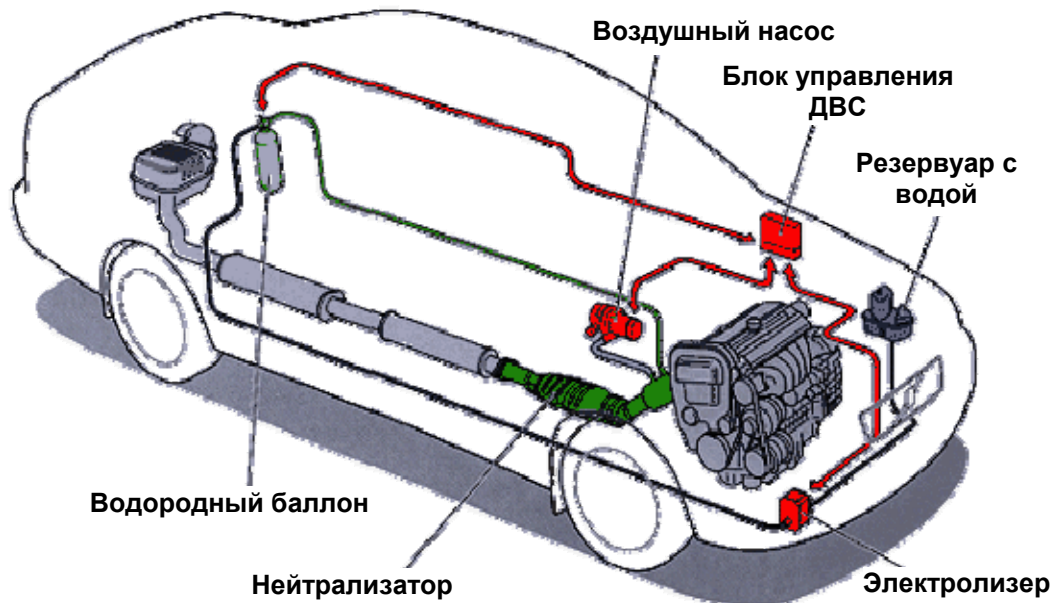


Рис. 18. Система химического прогрева нейтрализатора

проблемы применяют разделенные нейтрализаторы, один из которых (стартовый) устанавливается как можно ближе к выпускному коллектору; системы электрического прогрева нейтрализатора, абсорберы, временно задерживающие углеводороды, и другие способы.

Довольно интересное решение предложено для предпускового прогрева нейтрализатора на автомобиле Volvo S80, представленного на Женевской выставке 1999 года.

Водород в данной конструкции вырабатывается непосредственно на борту автомобиля (рис. 18). Этот газ производится в электролизере при диссоциации воды и запасается в баллоне при давлении 25 бар. Непосредственно перед пуском холодного двигателя водород вместе с воздухом подается насосом в выпускной коллектор, расположенный спереди нейтрализатора. Для прогрева используется экзотермическая реакция водорода с воздухом, которая самопроизвольно протекает на поверхности катализатора. Температура в  $500 - 600^{\circ}\text{C}$  достигается за несколько секунд. Поэтому нейтрализатор выходит на рабочий режим уже к первому обороту двигателя. Система получила название "Химически прогреваемый нейтрализатор".

Уровень выбросов представленного прототипа с запасом удовлетворяет американскому стандарту SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle). Этот стандарт устанавливает такой уровень выбросов, который

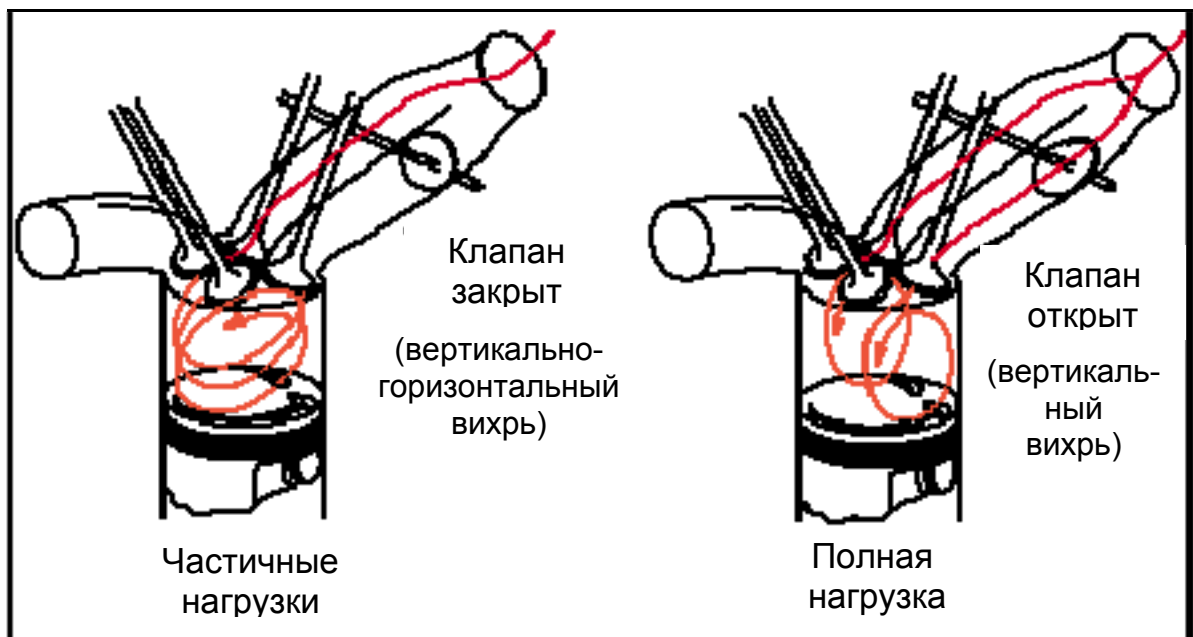


Рис. 19. Схема формирования вихря в двигателе, работающем на бедных смесях

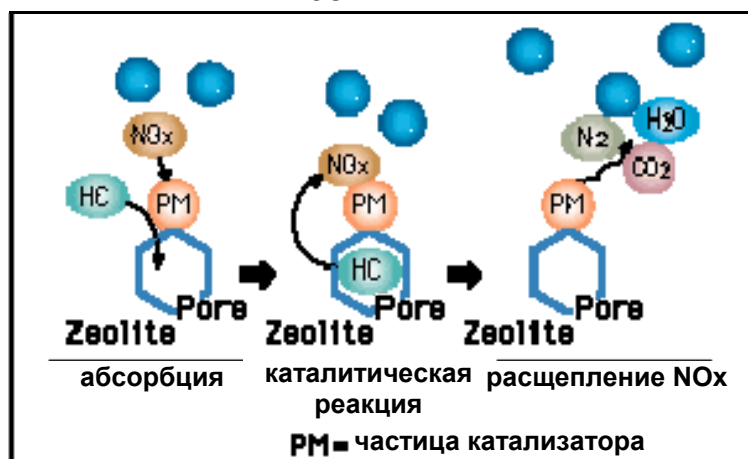


Рис. 20. Схема процесса каталитического расщепления NOx

мог бы иметь электромобиль, работающий на электроэнергии, вырабатываемой крупномасштабной тепловой электростанцией.

### 3.1.1. Работа на бедных горючих смесях

Как известно, теоретическое соотношение топлива и воздуха для обеспечения полного сгорания равно для бензина 14,7:1. Максимальная топливная экономичность (и минимальные выбросы CO) достигается при соотношении от 20:1 до 22:1. Однако по мере обеднения смеси повышается нестабильность горения, что вызывает рост выбросов CH. Кроме того, максимум выбросов NO<sub>x</sub> приходится на горючую смесь состава 16:1. И если выбросы CO и CH могут быть значительно снижены при помощи нейтрализатора, то конвертация NO<sub>x</sub> при работе на бедных смесях весьма неэффективна.

Однако в существующих моделях серийно выпускаемых двигателей, работающих на бедных смесях (lean burn engines), эти проблемы решены. Так, в 1,5 литровом двигателе фирмы Mazda используются такие технические решения, как четырехклапанный газораспределительный механизм с системой формирования сложного управляемого вихря внутри камеры сгорания (рис. 19); система распределенного высокодисперсного впрыска топлива; система зажигания высокой энергии; микропроцессорное управление. В результате, двигатель может работать на очень бедных смесях с воздушно-топливным соотношением 25:1.

Высокая топливная экономичность (на 10 - 15% лучше, чем у обычных двигателей) достигается благодаря снижению тепловых потерь (из-за более низкой температуры сгорания) и насосных потерь (из-за более широкого открытия дроссельной заслонки).

Для снижения выбросов  $\text{NO}_x$  применяется трехкомпонентный нейтрализатор специальной конструкции. В нейтрализаторе используется цеолитовая основа с нанесенным на неё слоем из благородных металлов. Углеводороды удерживаются в порах цеолита, в то время как оксиды азота абсорбируются на поверхности металла. Происходит каталитическая реакция взаимодействия углеводородов с кислородом  $\text{NO}_x$ , приводящая к разрушению этих соединений (рис. 20).

### 3.1.2. Рециркуляция отработавших газов

При помощи регулируемого компьютером перепуска части отработавших газов из выхлопной системы во впускной трубопровод добиваются улучшения мощности, топливной экономичности и снижения  $\text{NO}_x$ . Мощность и экономичность повышаются из-за уменьшения насосных потерь, а выбросы  $\text{NO}_x$  снижаются из-за уменьшения температуры сгорания (рис. 21).

Например, в 2-литровом двигателе автомобиля Mazda Capella 1997 года выпуска удалось достичь повышения мощности на 36%, улучшения экономичности - на 18% и снижения выбросов  $\text{NO}_x$  на 18%. Степень рециркуляции в данном двигателе колеблется от 13% при разгоне до 20% при установившемся движении. Более того, в отличие от двигателей, работающих на бедных смесях, используется стандартный трехкомпонентный нейтрализатор без каких-либо модификаций.

### 3.1.3. Переменные фазы газораспределения

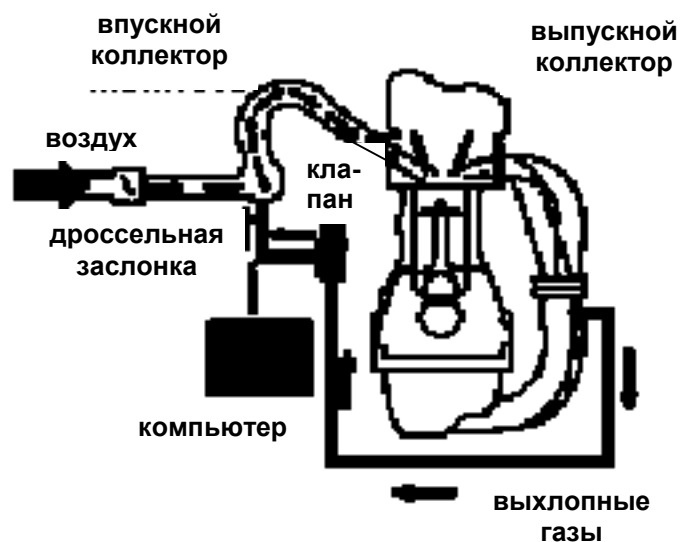


Рис. 21. Схема системы рециркуляции отработавших газов

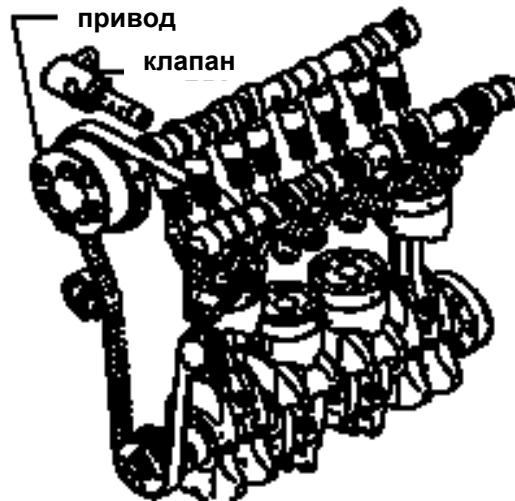


Рис. 22. Схема системы газораспределения с переменными фазами

Система, непрерывно изменяющая моменты открытия и закрытия впускных клапанов, обеспечивает оптимальные фазы газораспределения при любых условиях движения АТС (рис. 22). Очевидными преимуществами такой технологии являются повышение мощности, улучшение экономичности и снижение выбросов. Например, автомобиль Mazda Familia 1998 года выпуска по сравнению со своим предшественником имеет на 16% меньший выброс  $\text{CO}_2$  и на 14% -  $\text{NO}_x$  при том, что автомобиль стал более динамичным.

Механизм состоит из трех основных частей:

привода коленвала, который гидравлически изменяет моменты открытия и закрытия клапанов; микропроцессора, который оптимизирует эти моменты в зависимости от частоты вращения, разрежения во впускном коллекторе и температуры охлаждающей жидкости;

гидравлического клапана, который регулирует давление масла в приводе;

микропроцессора, управляющего работой системы.

#### **3.1.4. Непосредственный впрыск бензина**

Непосредственный впрыск топлива выводит на новый уровень технологию работы двигателей на бедных смесях. В этом случае в цилиндр подается только воздух, а топливо впрыскивается под высоким давлением непосредственно в камеру сгорания (рис. 23). Вокруг свечи зажигания формируется облако готовой к воспламенению горючей смеси, что позволяет поднять воздушно-топливное соотношение выше, чем в двигателях, работающих по технологии lean burn. Поскольку в камере сгорания формируется смесь неодинаковой плотности, говорят о

"стратификации" или "расслоении" заряда. На самом деле, на режимах полной нагрузки происходит переход к формированию гомогенной смеси нормального состава, но даже с учетом этого, достигается снижение  $\text{CO}_2$  более, чем на 30% при увеличении мощности на 10%.

Необходимо отметить, что непосредственный впрыск топлива дополняется системой управляемого вихря и специальной формой днища поршня, что усиливает эффект расслоения заряда. Более подробная информация о двигателях с непосредственным впрыском бензина приведена в [8].

Для обеспечения требуемого уровня выбросов  $\text{NO}_x$ , двигатели с непосредственным впрыском оборудуются специальными системами нейтрализации. Например, на фирме Volvo разработана система, состоящая из парного нейтрализатора (стартового и основного) и уловителя  $\text{NO}_x$ , объединенного с охладителем ОГ.

При стехиометрическом составе рабочей смеси система работает как обычный 3-компонентный нейтрализатор. Небольшой стартовый нейтрализатор обеспечивает быстрый прогрев и вступление в работу при запуске двигателя. При работе на бедных смесях нейтрализатор обеспечивает окисление  $\text{CO}$  и  $\text{CH}$  перед тем, как ОГ достигнут ловушки  $\text{NO}_x$ .

Уловитель  $\text{NO}_x$  удерживает окислы азота при работе на бедных смесях, и

#### Два метода впрыска топлива

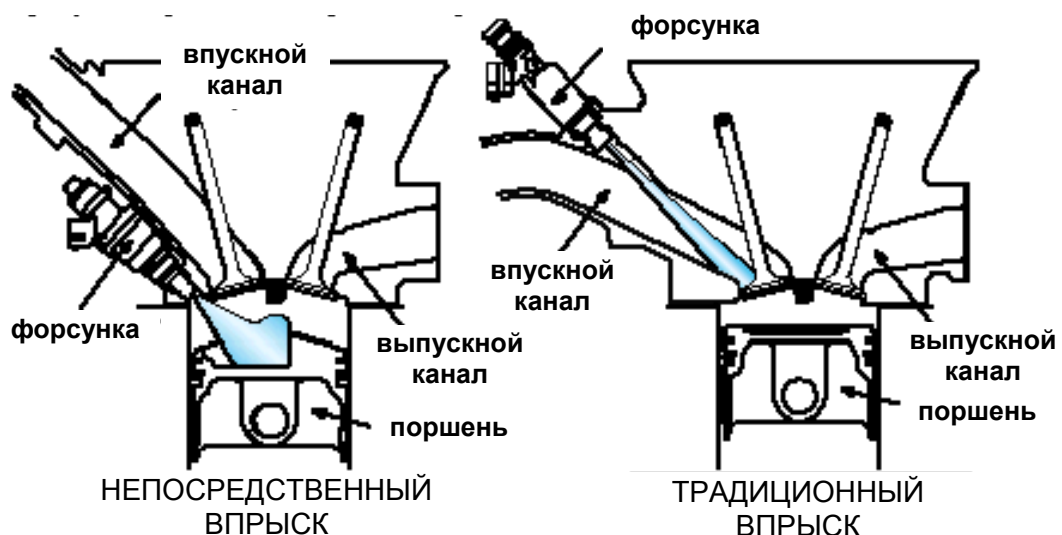


Рис. 23. Сравнение схем организации традиционного и непосредственного впрыска топлива

восстанавливает их до  $N_2$  (и освобождает) при работе на стехиометрической смеси. Эффективность удержания и последующей конверсии зависит от температурных условий. Чтобы предотвратить деградацию уловителя при высоких температурах при полной нагрузке и в то же время для поддержания достаточной температуры при работе на бедных смесях используется охладитель ОГ, который располагается между нейтрализатором и уловителем.

Эффективность конверсии  $NO_x$  чрезвычайно сильно зависит от содержания в бензине серы. Представленный на Женевской выставке 1999 года прототип рассчитан на использование топлива, удовлетворяющего европейским нормам на содержание серы в топливе 2000 года - менее  $150 \text{ мг л}^{-1}$ . При этом с запасом удовлетворяются нормы на выбросы "Евро 3" при снижении расхода топлива на 10-15%.

### 3.1.5. Работа по циклу Миллера

Большинство современных бензиновых двигателей работает по циклу

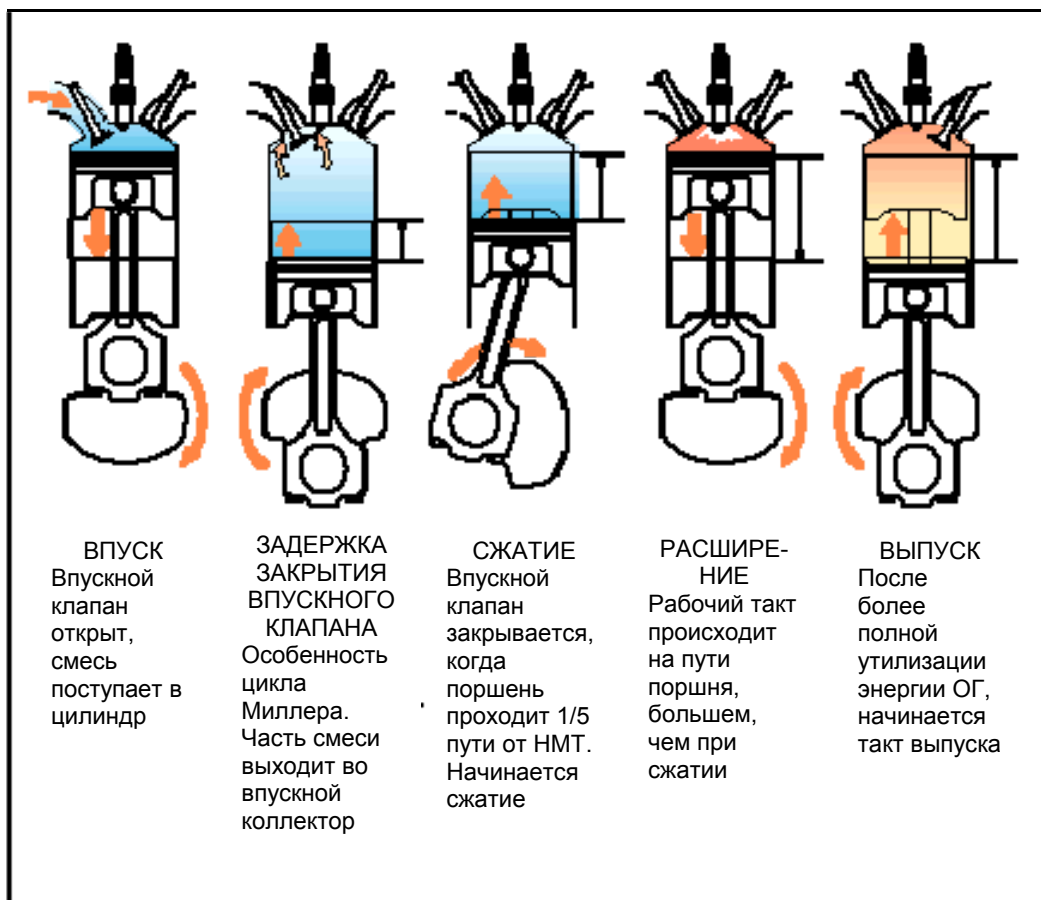


Рис. 24. Схема рабочего цикла Миллера



Отто. Несколько усовершенствованный цикл носит название цикла Миллера. Впервые этот цикл был использован для двигателя рабочим объемом 2,3 л автомобиля Mazda Millenia в 1993 г. По сравнению с традиционными двигателями он обеспечивает мощность на уровне 3-литрового двигателя и в то же время расход топлива 2-литрового. Благодаря тому, что цикл Миллера более эффективно использует энергию сгорания топлива, появляется возможность для получения заданной мощности использовать двигатель меньшей размерности. Чем меньше двигатель, тем меньше его собственные потери энергии. Таким образом, двигатель Миллера можно квалифицировать как экологичный.

Важнейшей характеристикой двигателя Миллера является изменяемая длина такта сжатия, приводящая к тому, что степени сжатия и расширения отличаются друг от друга. Кроме того, используется компрессор Лишольма (Lisholm) для подачи большого количества сжатого воздуха в двигатель.

В двигателе Отто все такты одинаковы. Следовательно, степени сжатия и расширения также одинаковы. Более высокая степень расширения означает более полное использование энергии топлива, т.е. растет эффективность. Однако вместе со степенью расширения растет степень сжатия, что приводит к повышению температуры и возможной детонации.

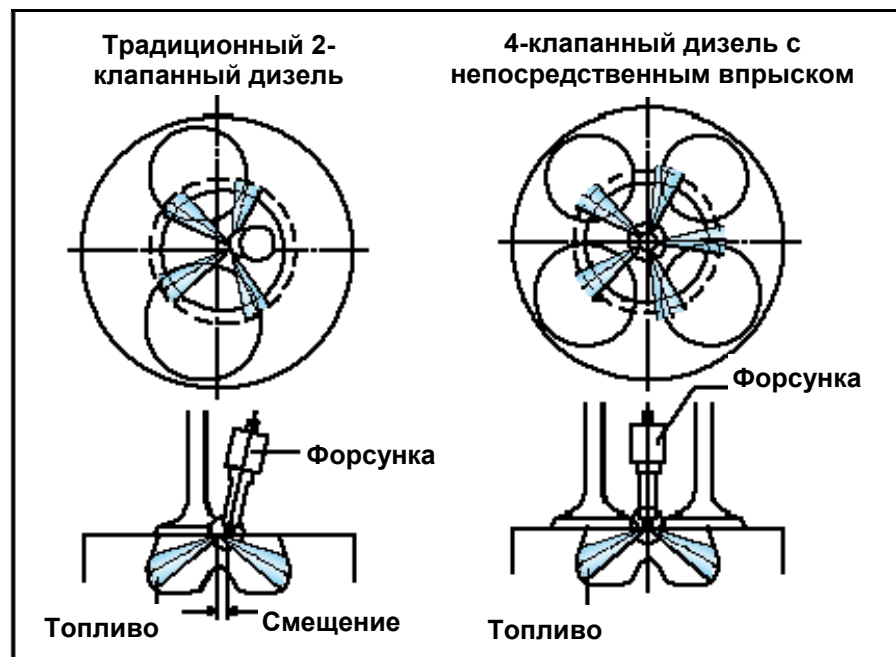


Рис. 25. Сравнение схем организации впрыска топлива в 2- и 4-клапанных дизелях

В двигателе фирмы Mazda, работающему по циклу Миллера, происходит определенная задержка закрытия впускного клапана (рис. 24), что приводит к эффективному снижению степени сжатия посредством выпуска части рабочей смеси обратно во впускной коллектор. Температура не возрастает, детонации не происходит.

### **3.1.6. Малоразмерные дизельные двигатели с непосредственным впрыском топлива**

Традиционно дизели с прямым впрыском топлива имеют большую размерность и применяются на тяжелых грузовиках и автобусах. По сравнению с моделями с разделенной камерой сгорания, этот тип дизелей менее склонен к тепловым потерям, а следовательно, обладает большей мощностью и лучшей экономичностью. Но, к сожалению, это сопровождается более шумной работой (из-за быстрого сгорания) и интенсивным выделением NOx (из-за высокой температуры). Однако в 1998 г фирма Mazda начала производить 2-литровый турбодизель с непосредственным впрыском для автомобиля Capella. Обладая уровнем шума и выбросов NOx своего вихрекамерного предшественника, этот двигатель имеет на 14% большую мощность, на 18% больший крутящий момент и на 16% лучшую экономичность\*.

Такие результаты достигаются благодаря применению 4-х клапанов на цилиндр (рис. 25), центральной симметричной форсунки высокого давления и микропроцессорному управлению. Использование турбокомпрессора в сочетании с 4-мя клапанами на цилиндр обеспечивает подачу большего количества воздуха в камеру сгорания. Сопротивление всасыванию уменьшается при этом на 60% по сравнению с 2-х клапанной конструкцией. Тангенциально расположенные впускные клапаны формируют интенсивный вихрь. Следовательно, практически весь воздух используется при горении. Это обеспечивает не только повышение мощности, но и снижение выброса дыма и твердых частиц.

4-х клапанный дизайн позволяет расположить форсунку по центру относительно цилиндра, что улучшает процесс смесеобразования, снижая шум и выбросы NOx.

---

\* При постоянной скорости 60 км/ч.

Электронная система подачи топлива в зависимости от положения педали газа и частоты вращения двигателя формирует оптимальный закон количества и времени топливоподачи. Это позволяет снизить шум и выбросы  $\text{NO}_x$  на частичных нагрузках и предотвратить чрезмерное образование сажи при полной нагрузке.

Кроме того, данный двигатель имеет отлитые по специальной технологии поршни с первым компрессионным кольцом, максимально приближенным к камере сгорания. Это предотвращает образование несгоревших углеводородов.

### **3.1.7. Двухтактные двигатели с непосредственным впрыском топлива**

Одна из попыток решения проблемы экологической безопасности автомобильных двигателей предпринята фирмой Orbital Engine Company (ОЕС) применительно к двухтактному двигателю [9]. В системе впрыска ОЕС топливо сначала поступает в смесительную камеру пневматической форсунки, установленной в камере сгорания сферической формы. Туда же под давлением 0,5 МПа подается сжатый компрессором воздух. В начале такта сжатия воздух, поступающий в смесительную камеру форсунки, захватывает топливо и через распылитель переносит в камеру сгорания, обеспечивая благодаря критической скорости истечения воздуха молекулярный уровень распыления топлива. Сферическая форма камеры сгорания обеспечивает на частичных нагрузках глубокое расслоение заряда (до состава смеси 25:1 - 29:1).

В рекламных проспектах и публикациях преимущества этого двигателя оцениваются следующим образом:

- выбросы токсичных веществ с ОГ на уровне норм Евро-2 без системы каталитической нейтрализации;
- путевой расход на уровне вихрекамерных дизелей;
- удельная масса и габаритные размеры двигателя в 1,5 - 2 раза ниже, чем у дизелей;
- количество деталей в двигателе в 2,5 раза меньше, чем у дизельных двигателей.

Если бы такие показатели были бы достигнуты в серийных двигателях, их можно было бы считать прорывом в создании экологически безопасных и достаточно экономичных двигателей. Однако, несмотря на

интенсивные исследования, до массового производства таких двигателей еще не дошло.

### **3.2. Двигатели, работающие на альтернативных топливах**

Большинство современных АТС используют в качестве топлива либо бензин, либо дизельное топливо. Этот факт доказывает, насколько хороши эти виды топлива для автотранспортных нужд. Но, поскольку нефть является невозобновимым ресурсом, в настоящее время рассматриваются возможности работы АТС на альтернативных топливах.

Как прямые альтернативы рассматриваются сжатый природный газ (СПГ) и метанол. Кроме того, сжиженный нефтяной газ (СНГ) также может рассматриваться как альтернативное топливо. В некоторых странах к этому списку добавляются этанол и растительные масла, однако, производство таких топлив требует отчуждения больших территорий сельскохозяйственных земель под выращивание соответствующих технических культур, что не всегда приемлемо.

В некоторых странах уже эксплуатируется достаточно много автомобилей, работающих на альтернативных топливах. Однако еще предстоит решить многие проблемы, связанные, например, с недостаточным запасом хода, высокой стоимостью, отсутствием сети заправок и т.д.

#### **3.2.1. Сжиженный нефтяной газ**

СНГ, или сжиженный нефтяной газ, главным образом состоит из бутана и пропана. Оба эти соединения - газы при комнатной температуре, однако, легко сжижаемые. Как топливо СНГ относительно недорого, не требует большого топливного бака, поэтому этот вид топлива получил достаточно широкое распространение. Двигатели, специально спроектированные для работы на СНГ, выбрасывают меньше  $\text{NO}_x$  по сравнению с дизелями, практически не выбрасывают сажи и твердых частиц. Уровень шума и вибрации таких двигателей находится на уровне бензиновых двигателей. Поэтому они считаются хорошей альтернативой для легких грузовиков и автобусов.

### 3.2.2. Сжатый природный газ

Основной компонент природного газа - метан, углеводород, состоящий из одного атома углерода и четырех атомов водорода. Благодаря этому при его сжигании образуется примерно на 25% меньше  $\text{CO}_2$  по сравнению с тем же количеством\* бензина. По сравнению с дизельным топливом, природный газ при сжигании в двигателях образует меньшее количество  $\text{NO}_x$ , при этом он не образует сажи и соединений серы. Однако основная проблема заключается в том, что метан - это газообразное топливо. Даже находясь под давлением 20 МПа, сжатый природный газ (СПГ) занимает в 4 раза больший объем, чем такое же (по энергии) количество бензина. Поэтому для хранения СПГ на автомобиле требуются большие, тяжелые баллоны, которые, тем не менее, обеспечивают запас хода всего порядка 200 км. Однако с появлением баллонов, изготовленных из алюминия с покрытием из углеродного волокна, проблема веса потеряла свою остроту.

Будучи газообразным, СПГ снижает количество всасываемого в камеру сгорания воздуха, что приводит к снижению мощности. Тем не менее, благодаря высокому октановому числу СПГ появляется возможность за счет увеличения степени сжатия несколько сгладить этот недостаток.

На конференции "Автомобиль на природном газе" в 1998 году фирма "Honda" представляла свой автомобиль Honda Civic GX, выбросы которого с запасом удовлетворяют нормам токсичности 2005 года [10]. Обладая степенью сжатия 12,5, системой распределенного впрыска газа, рециркуляцией ОГ, газораспределительным механизмом с изменяемыми фазами, искрообразованием высокой энергии, нейтрализатором увеличенного объема с ускоренным прогревом кислородного датчика после пуска, компьютерным управлением, данный автомобиль имеет следующие показатели пробеговых выбросов\*:  $\text{CO}$  - 0,254 г/км,  $\text{CH}$  - 0,0875 г/км (из которых 99% - метан),  $\text{NO}_x$  - 0,0101 г/км. Отмечается, что подобный уровень выбросов неметановых углеводородов и  $\text{NO}_x$  сравним с выбросами газовых электростанций при производстве электроэнергии, необходимой для движения электромобиля на том же пробеге (0,35 кВтч/милю). В случае же

---

\* В энергетическом эквиваленте.

\* По смешанному циклу Правил № 83 ЕЭК ООН.

выработки данного количества энергии на угольной электростанции выбросы неметановых углеводородов будут почти в два раза больше, а выбросы NOx - почти в 40 раз больше. В этой же статье отмечается, что выбросы неметановых углеводородов АТС, работающего на СПГ, на 72% меньше уровня выбросов бензинового АТС только благодаря герметичности топливной системы, что исключает выбросы при распределении газа по заправочным станциям, при заправке и в результате испарения.

На Женевской автомобильной выставке 1999 года фирма Volvo продемонстрировала автомобиль Volvo S80 Bi-Fuel, способный работать как на бензине, так и на СПГ, СНГ\*\* и биогазе (рис. 26). Этот автомобиль, оснащенный 5-цилиндровым 2,5 литровым двигателем с четырехклапанной технологией, расходуя 8 м<sup>3</sup>/100км метана и 9 л/100км бензина, имеет запас хода 630 км (300 км на метане и 330 - на бензине). Установка газовых баллонов произведена ниже уровня пола, поэтому вместимость багажника практически не отличается от базовой модели (440 литров по методике VDA).

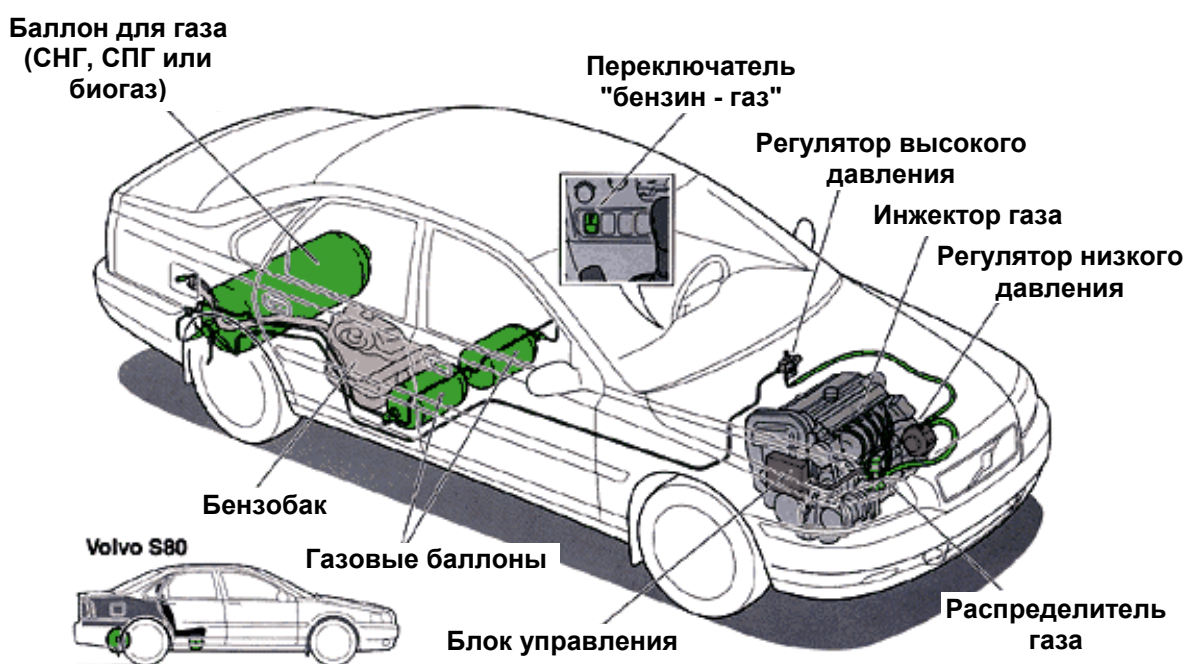


Рис. 26. Многотопливный автомобиль Volvo S80

\*\* В отдельной комплектации.

Автомобиль Volvo S80 Bi-Fuel соответствует американским нормам ULEV (Ultra Low Emission Vehicle) при работе на метане, и нормам LEV (Low Emission Vehicle) при работе на бензине. Выбросы CO<sub>2</sub> при работе на метане снижаются на 20 - 25% по сравнению с бензиновым аналогом, а если в качестве топлива используется биогаз, то примерно на 95% в зависимости от технологии производства биогаза.

### **3.2.3. Метанол**

Метанол (метилловый спирт или CH<sub>3</sub>OH) может быть легко получен из природного газа или угля, которые имеются в довольно больших количествах.

Однако метанол обладает вдвое худшей теплотворной способностью по сравнению с бензином\*, вызывает коррозию металлов, образует при сгорании альдегиды. Кроме того, отмечается высокий уровень загрязнений окружающей среды в процессе производства метанола. Поэтому в настоящее время исследования в этой области продолжаются для технического решения указанных проблем.

### **3.2.4. Биологические энергоносители**

Среди биологических энергоносителей особо важны растительные масла, эфиры и спирты как наиболее энергоемкие. Растительные масла относятся к классу углеводородных соединений, хорошо растворяются в дизельном топливе, а присутствие кислорода в их химической структуре (более 10%) повышает полноту сгорания топлива. Использование этих биологических продуктов, с одной стороны, способствует решению проблемы истощения ископаемых топлив, а с другой - предотвращению возникновения "парникового эффекта". Использование биологического топлива позволяет сохранить баланс углекислого газа в атмосфере, т.к. его выбросы при сжигании биотоплива сопоставимы с количеством CO<sub>2</sub>, поглощаемым при выращивании растительного сырья в процессе фотосинтеза. Увеличению интереса к биотопливу способствует и ситуация на мировом рынке, при которой цены на коммерческое топливо и растительные (жидкие) продукты сопоставимы.

---

\* Эквивалентного объема.

Однако и здесь существуют проблемы. Одна из них заключается в том, что растительные масла обладают высокой вязкостью. Для уменьшения вязкости применяют разбавители - спирты, эфиры или дизельное топливо.

Другая проблема - склонность растительных масел к образованию нагара. Эту проблему пытаются решить при помощи введения в камеру сгорания катализаторов, например, нихрома.

Наконец, растительные масла имеют меньшую скорость сгорания, что приводит к увеличению тепловых потерь, а следовательно, к некоторому ухудшению экономичности (на 3%). Этот недостаток пытаются устранить путем добавления в топливо активаторов горения типа ферроцена или органических перекисей.

В то же время замена дизельного топлива на биодизельную смесь (50% - рапсовое масло и 50% - дизельное топливо) позволила в испытаниях на опытном двигателе сократить на 15 - 20% выбросы NOx, на 10 - 15% - выбросы CO и CH и на 30 - 35% - выбросы сажи [11].

### **3.3. АТС с электрическим и комбинированным приводом**

Хотя АТС с электрическим приводом появились примерно одновременно с автомобилем, движимым ДВС, весь XX век электромобиль оставался невостребованным. И лишь в связи с экологическими проблемами, вставшими перед человечеством во второй половине столетия, электромобиль привлекает к себе все большее внимание. Действительно, его потенциальные возможности для снижения загрязнения воздуха и уровня шума особенно очевидны для городских условий.

Основным препятствием на пути широкого внедрения электромобиля является его небольшой запас хода. Поэтому основные усилия сосредоточены именно на разработке высокоёмких эффективных аккумуляторных батарей.

Говоря об экологической чистоте электромобилей по сравнению с традиционными АТС, необходимо рассматривать их полный жизненный цикл, т.к. при производстве как самого электромобиля, так и электроэнергии потребляются природные ресурсы и происходит загрязнение окружающей среды.



### 3.3.1. Электромобили

Один из первых работающих электромобилей (ЭМ) был построен знаменитым американским изобретателем Томасом Эдисоном в 1889 г., и вскоре в США их было выпущено более 2000. Однако после 1915 г. ЭМ был почти полностью вытеснен автомобилем и на долгие десятилетия потерял свое значение как транспортное средство. Основными причинами "банкротства" ЭМ стали большой вес и низкая энергия аккумуляторных батарей (АКБ), резко ограничивающие их скорость и запас хода. Эта проблема и сегодня полностью не решена. Однако в 1970-х годах ЭМ вновь привлек к себе серьезное внимание в связи с экологическим кризисом и связанными с ним законодательными актами, ограничивающими выбросы АТС до беспрецедентно низких значений. Так, например, согласно Калифорнийскому "Акту о чистом воздухе", уже в 1998 г. в штате должно быть не менее 2% АТС с "нулевой эмиссией". К 2003 г. таких АТС должно быть уже не менее 10%. Аналогичные законы приняты и в других штатах США и некоторых европейских странах.

В настоящее время интерес автомобильной промышленности к производству ЭМ резко усилился. Сегодня практически все крупные автомобильные фирмы приступили к серийному выпуску ЭМ.

Но по-прежнему конкурентоспособность ЭМ определяется в первую очередь качеством АКБ.

Важные показатели АКБ - мощность и энергия. Для быстрого разгона, преодоления подъёмов и движения с максимальной скоростью АКБ должны обладать большой мощностью, а для увеличения запаса хода - высоким запасом энергии. АКБ должны иметь продолжительный срок службы, не требовать обслуживания, допускать быструю зарядку, надёжно работать в большом интервале температур, не саморазряжаться во время стоянки. Очень важными являются требования к экологичности АКБ как при изготовлении, так и при эксплуатации, поскольку экологичность ЭМ рассматривается как его основное преимущество по сравнению с автомобилем.

Наряду с совершенствованием классических свинцово-кислотных АКБ, ведутся интенсивные исследования автономных источников тока с высокой ёмкостью. Некоторые их характеристики представлены в табл. 17.

Для ЭМ разных типов - грузовых, электробусов, фургонов, семейных и индивидуальных легковых - необходимы различные сочетания энергии и

мощности АКБ. Однако нет ни одной разновидности АКБ, которые одновременно имели бы максимальную мощность и высокую энергию. Поэтому в некоторых моделях ЭМ применяют комбинацию из АКБ разного типа (например, свинцово-кислотные + цинк-воздушные) или совместно с АКБ используют ёмкостные накопители энергии, которые быстро заряжаются и быстро отдают энергию (рис. 27).

Таблица 17

Характеристики автономных источников тока (по данным [12])

Тип АКБ	Удельная энергия, Вт·ч/кг	Удельная мощность, Вт/кг	Срок службы	Время зарядки*	Примечание
Свинцово-кислотные	25-30			6 часов	Ухудшение показателей при низких температурах
Никель-кадмиевые	30-40		2000 циклов	30 мин	Высокая стоимость
Никель-гидридные	35-50	200	600-1000 циклов	15 мин	
Никель-железные	45-50		4 года		Низкий КПД, способность к глубокому разряду
Никель-цинковые	50-75		300 циклов		
Цинк-бромные	65-70		2000 циклов	3-4 часа	Способность к глубокому разряду
Натрий-никельхлоридные	90-130	100-170	5 лет (1500 циклов)		КПД=91%, рабочая температура - 270-320°C
Натрий-серные	60-90		3 года	90 мин	Рабочая температура - 290-330°C
Алюминий-воздушные	250-300				Работа при температуре -2 ... +70°C
Цинк-воздушные	400-440				Одноразовые
Литий-воздушные	800				Одноразовые
Система бензин-воздух (ДВС)	около 400				

\* До 80 % ёмкости.

С известной долей условности различают европейскую и американско-японскую концепции электромобилей.

Европейский ЭМ - компактная, маневренная, почти бесшумная одно- или двухместная машина с небольшим багажником, запасом хода до 100 км и максимальной скоростью 60-80 км/ч. Он предназначен преимущественно для поездок на короткие расстояния (за покупками, на работу) и может рассматриваться как городской служебный автомобиль или как второй автомобиль в семье\*. Правомерность такой концепции ЭМ обосновывается достоверными статистическими данными, согласно которым средняя дальность поездок автомобилей в городе менее 20 км, их средняя скорость не превышает 30 км/ч, а число пассажиров, приходящееся на одного водителя, не более 0,2.

Американско-японская концепция предполагает создание ЭМ, ни в чем не уступающих современным автомобилям. Такой ЭМ вместимостью 4-5 чел. должен за 15 с разгоняться до 100 км/ч, иметь максимальную скорость не ниже 130 км/ч и запас хода не менее 200 км. Именно для таких ЭМ в первую очередь необходимы АКБ с очень высоким запасом энергии. Например, с 1998 г в некоторых муниципальных и энергетических компаниях США проходят эксплуатационные испытания электромобилей Toyota RAV4-EV, оснащенных никель-металл гидридными АКБ

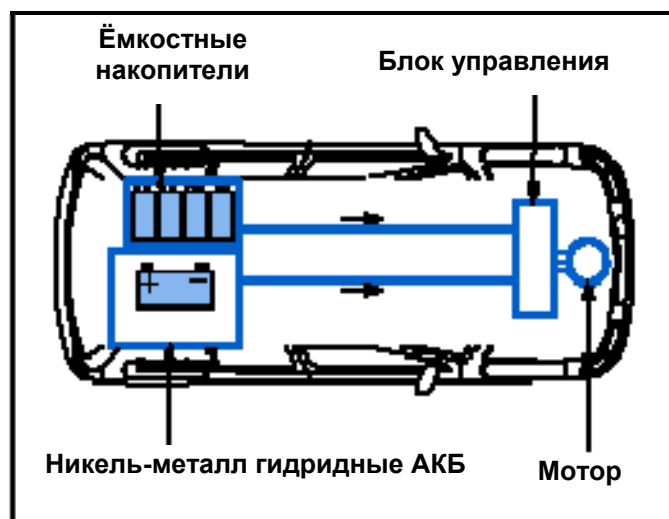


Рис. 27. Компоновочная схема электромобиля Mazda Demio EV

---

\* В Франции, например, доля семей, имеющих более чем один автомобиль, составляет 30%.

производства фирмы Matsushita, которые обеспечивают этим электромобилям максимальную скорость 120 км/ч и пробег по городу 180 км. На электромобиле установлен необслуживаемый электродвигатель с постоянными магнитами мощностью 50 кВт, который позволяет разогнаться с места до скорости 60 км/ч за 18 секунд. Зарядная система имеет таймер, который позволяет заряжать АКБ во время наиболее дешевого тарифа на электроэнергию. Цена электромобиля в 1999 г. - 42000 \$.

В электромобилестроении можно выделить два принципиально различных направления:

- конструирование на базе серийно выпускаемых автомобилей с внесением по возможности минимальных изменений в базовую модель (конверсионное проектирование);
- целевое проектирование конструкций из легких высокопрочных материалов с использованием усовершенствованных и новых типов АКБ, высокоэффективных электродвигателей, бортовых зарядных устройств и других узлов электропривода.

Сторонники конверсионного метода проектирования ЭМ надеются уменьшить объемы и стоимость проектно-конструкторских работ, а также затраты на подготовку производства. Они рассчитывают на то, что сертификация конверсионных ЭМ и их испытания в соответствии со стандартами безопасности пройдут легче и быстрее, поскольку они имеют много узлов, унифицированных с серийными автомобилями. Однако на практике эти преимущества не удаётся реализовать в полной мере. Поэтому цена конверсионных ЭМ, как правило, в 2-4 раза выше, чем базовых автомобилей. До недавнего времени лишь субсидии правительств, производителей электроэнергии и экологические требования общественности стимулировали производство достаточно больших партий ЭМ.

Наоборот, ЭМ, создаваемые в результате целевого проектирования как личные и общественные короткопробежные транспортные средства, а также как экологически чистые АТС для курортных зон и мест отдыха, имеют все предпосылки для завоевания определенных зон авторынka.

### **3.3.2. Гибридный привод**

К "гибридным" автомобилям относятся такие, которые имеют на борту две отдельные системы энергообеспечения - ДВС и электропривод с АКБ.

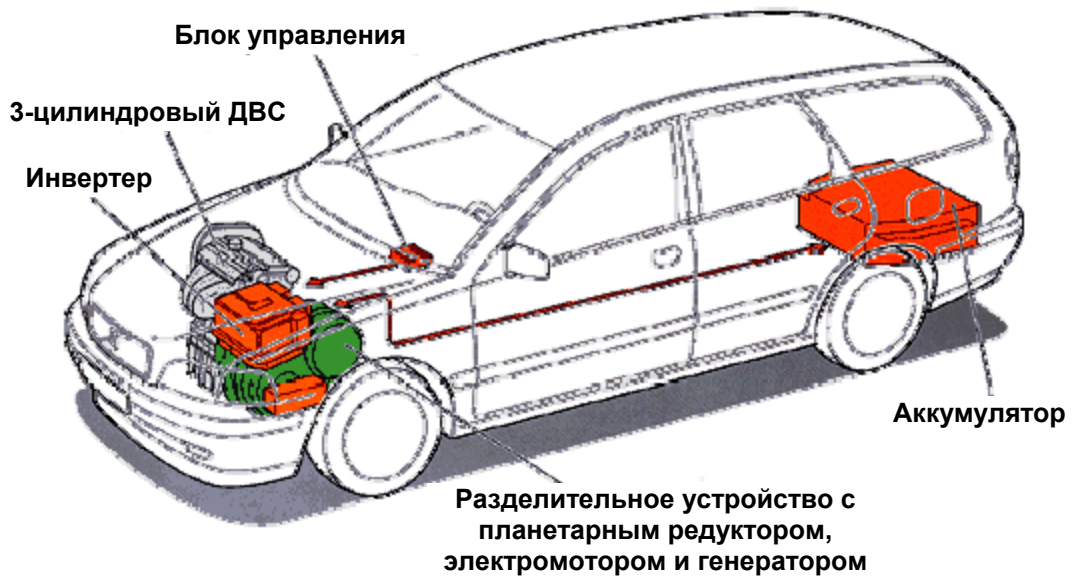


Рис. 28. Гибридный автомобиль Volvo с разделителем мощности

Это позволяет использовать преимущества обеих систем и компенсировать их недостатки.

Существующие конструкции комбинированных приводов можно разделить по их конфигурации на последовательные и параллельные.

Основным преимуществом последовательных приводов является возможность фиксировать рабочую точку двигателя либо на режиме наилучшей экономичности либо на режиме наименьших выбросов. Однако вследствие присущих этой компоновке потерь энергии на преобразование энергии из одного вида в другой, а также большой массы агрегатов такая схема, возможно, будет применяться лишь в отдельных случаях. Например, если мощности ДВС и генератора относительно малы по сравнению с мощностью электромотора, либо если общее КПД генератора и электромотора удастся довести до уровня традиционных трансмиссий. В отличие от последовательного, параллельный комбинированный привод не имеет в своем составе генератора и может выполняться в различных вариантах.

Параллельный привод и легче и дешевле последовательного (нет генератора), а также имеет более высокую эффективность, т.к. энергия от ДВС передается без потерь на ведущую ось. Исследованиями фирмы Volkswagen, проводившимися на легковом автомобиле Golf, установлено, что применение параллельного комбинированного привода может обеспечить 20%-ную экономию топлива в городских условиях движения.

На Женевской выставке 1999 года фирма Volvo представила два различных варианта гибридных автомобилей. Один из них, с разделителем мощности, показан на рис. 28. Фактически это сочетание электромобиля, последовательного и параллельного гибридных автомобилей\*. При движении с малыми скоростями и при торможении используется режим электромобиля, когда же требуется большая мощность - подключается двигатель внутреннего сгорания. "Интеллектуальная" электронная система управляет 56-киловаттным 1,4 литровым двигателем, 25-киловаттным генератором, 55-киловаттным электромотором, разделителем мощности (transaxle) и 300-вольтной 60-киловаттной аккумуляторной батареей, обладающей ёмкостью 2,5 кВтч. Это позволяет двигателю работать на наиболее эффективном режиме, так как скорость автомобиля регулируется трансмиссией.

При уровне разгонной динамики стандартного Volvo S40/V40 с 1,8 литровым двигателем гибридный автомобиль расходует на 40 - 44% меньше топлива. А благодаря более равномерным режимам работы двигателя также достигается и снижение выбросов.

Второй вариант гибридного автомобиля от фирмы Volvo показан на рис. 29. Фактически, это "облегченный вариант" гибридного принципа, основанный на устройстве, которое получило название "интегрированный стартер-генератор" - ИСГ\*. Это устройство установлено между двигателем и коробкой передач и соединено непосредственно с коленчатым валом ДВС. ИСГ заменяет традиционные стартер и генератор и выполняет три основные функции:

- Запуск двигателя. При использовании для запуска двигателя ИСГ не требуется обогащать смесь, следовательно, значительно снижаются выбросы в этот момент времени. Легкость запуска двигателя позволяет отключать его при кратковременных стоянках, например, при ожидании разрешающего сигнала светофора. И, наконец, запуск двигателя при помощи ИСГ значительно менее шумный.

---

\* Система разработана в сотрудничестве с фирмами Varta и Aisin W.

\* Разработан в сотрудничестве с фирмой Siemens.

- Производство электроэнергии. В дополнение к выработке электричества, ИСГ позволяет осуществлять рекуперацию энергии торможения. ИСГ более эффективен, чем обычный генератор, что позволяет экономить топливо. Кроме того, ИСГ гораздо более мощное устройство, чем обычный генератор, поэтому появляется возможность электрифицировать такие агрегаты, как кондиционер, усилитель рулевого управления и т.д., что также благоприятно скажется на топливной экономичности.
- Дополнительный источник тяги. ИСГ может использоваться как электромотор, увеличивающий мощность ДВС в моменты, когда требуется полная мощность. Поэтому на автомобиле может быть установлен двигатель меньшей мощности без ухудшения динамических свойств.

Гибридный автомобиль Toyota Prius также совмещает в себе преимущества последовательного и параллельного приводов благодаря компьютеризированному разделительному устройству, которое в зависимости от условий движения и состояния АКБ направляет энергию ДВС одновременно (но в разных количествах) на генератор и на ведущие колёса. Конструкция дополнена рекуператором энергии торможения, что в

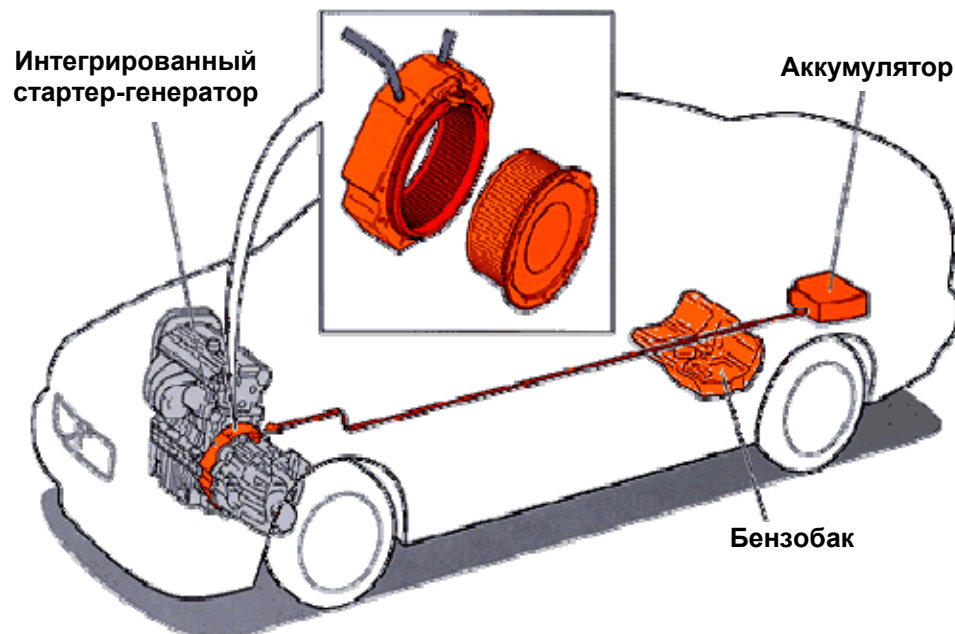


Рис. 29. Гибридный автомобиль Volvo с интегрированным стартер-генератором

результате обеспечивает полную автономность гибридного автомобиля от электросети.

### 3.3.3. Топливные элементы

Хорошо известные гальванические элементы и аккумуляторы содержат ограниченное количество реагентов и способны в одном цикле «произвести» лишь фиксированную порцию энергии. Однако есть третий тип химических источников тока (ХИТ), в котором окислитель и восстановитель непрерывно подаются, соответственно, к катоду и аноду, а материал самих электродов в реакциях не участвует. Такие устройства называются топливными элементами.

Первое практическое применение «новый» химический источник тока нашел в космосе, несмотря на то, что был открыт более 150 лет назад. Топливный элемент обладает наивысшими удельными характеристиками и КПД. В нем нет перемещающихся деталей, он бесшумен и кроме электроэнергии вырабатывает тепло. Топливный элемент – обратимое устройство, с помощью которого можно вырабатывать топливо (разлагать воду на кислород и водород), т.о. он может выполнять роль аккумулятора.

В процессе горения химическая энергия переходит в тепловую энергию благодаря обмену электронами между атомами топлива и окислителя. Этот обмен происходит хаотически.

Горение – обмен электронов между атомами, а электрический ток – направленное движение электронов. Если в процессе химической реакции заставить электроны совершать работу, то температура процесса горения

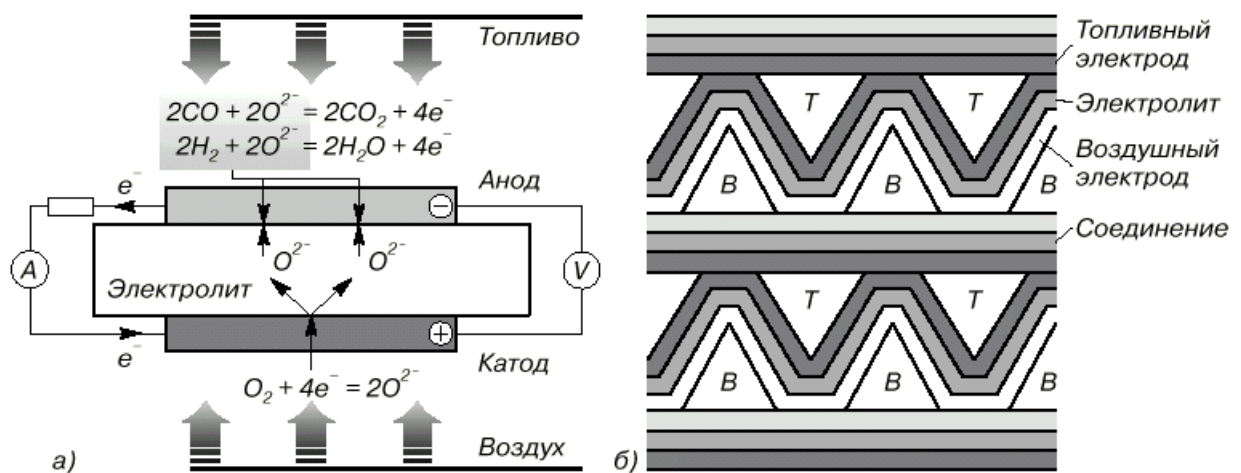


Рис. 30. Устройство топливного элемента



будет понижаться. В ТЭ электроны отбираются у реагирующих веществ на одном электроде, передают свою энергию в виде электрического тока и присоединяются к реагирующим веществам на другом.

Основа любого ХИТ – два электрода, соединенные электролитом. ТЭ состоит из анода, катода и электролита (см. рис. 30) [13]. На аноде окисляется, т.е. отдает электроны, восстановитель (топливо  $\text{CO}$  или  $\text{H}_2$ ), свободные электроны с анода поступают во внешнюю цепь, а положительные ионы удерживаются на границе анод-электролит. С другого конца цепи электроны подходят к катоду, на котором идет реакция восстановления (присоединение электронов окислителем  $\text{O}_2$ ). Затем ионы окислителя переносятся электролитом к катоду. В ТЭ сведены вместе три фазы физико-химической системы:

- газ (топливо, окислитель);
- электролит (проводник ионов);
- металлический электрод (проводник электронов).

В ТЭ происходит преобразование энергии окислительно-восстановительной реакции в электрическую, причем процессы окисления и восстановления пространственно разделены электролитом. Электроды и электролит в реакции не участвуют, но в реальных конструкциях со временем загрязняются примесями топлива. Электрохимическое горение может идти при невысоких температурах и практически без потерь. На рис. 30 показана ситуация, при которой в ТЭ поступает смесь газов ( $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$ ),

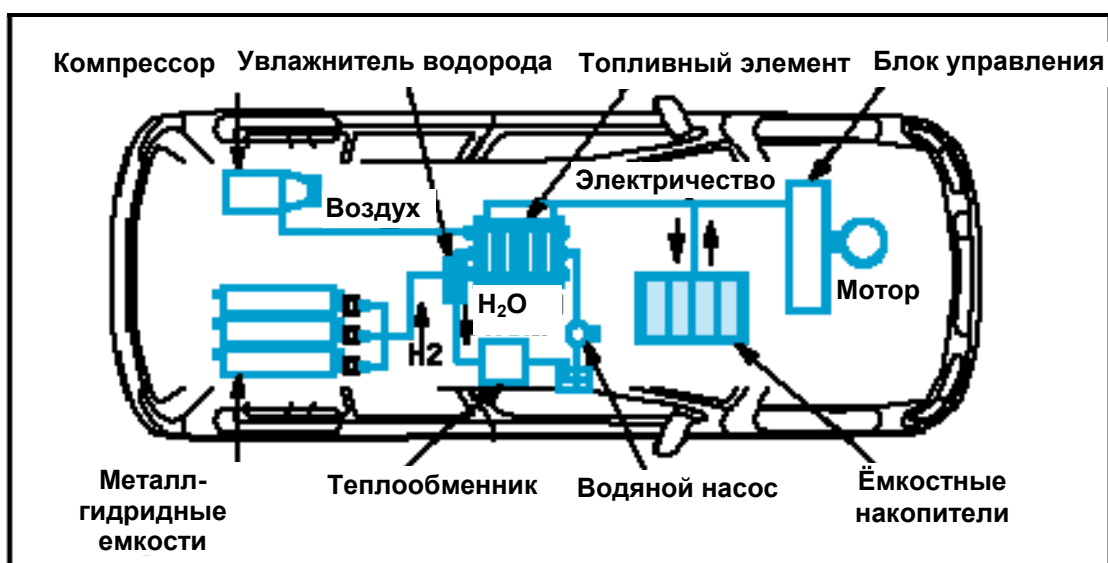


Рис. 31. Компоновочная схема электрокара на топливных элементах Mazda Demio FCEV

т.е. в нем можно сжигать газообразное топливо. Таким образом, ТЭ оказывается «всеядным». Усложняет использование ТЭ то, что для них топливо необходимо «готовить». Для ТЭ получают водород путем электролиза воды, плазмохимических реакций или конверсии органического топлива.

Для автономного использования ТЭ основными являются удельные характеристики и удобство эксплуатации. Стоимость вырабатываемой энергии не является основным показателем.

Наибольшие выгоды сулит использование ТЭ в автомобиле. Здесь, как нигде, скажется их компактность. При непосредственном получении электроэнергии из топлива экономия последнего составит порядка 50%.

Большинство автомобилестроительных фирм мира уже разработало опытные партии автомобилей с топливными элементами в качестве энергоисточника. В качестве примера можно привести автомобиль Mazda Demio FCEV, представленный на выставке "Есо Japan '97", компоновочная схема которого показана на рис. 31. Электрическая энергия вырабатывается топливным элементом с полимерным электролитом в

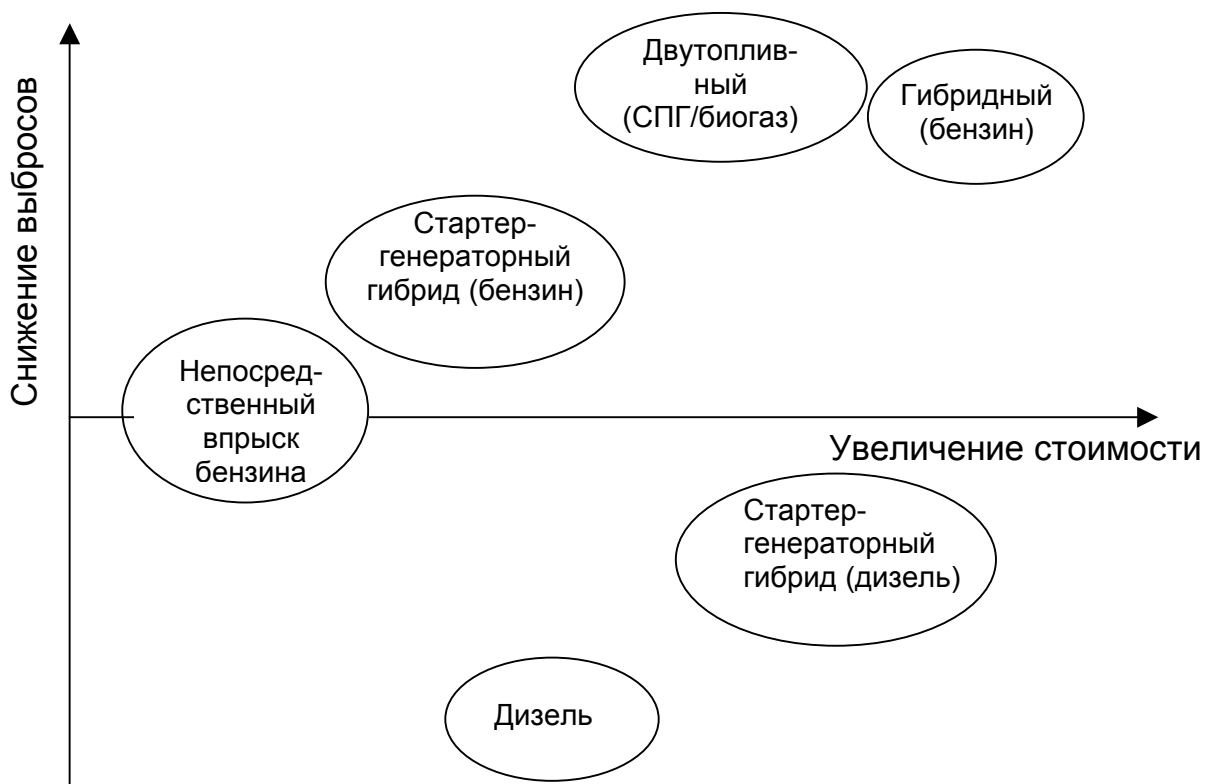


Рис. 32. Сравнительная эффективность различных технологий (данные фирмы Volvo)

результате реакции между водородом, хранящимся на борту в металл-гидридных ёмкостях, и кислородом подаваемого компрессором воздуха. Отличительной особенностью данной конструкции является компактность, достигаемая устранением внешнего увлажнителя воздуха. Полимерная мембрана-электролит всегда должна содержать воду, необходимую для функционирования топливных элементов. В топливном элементе фирмы Mazda для этой цели эффективно используется вода, которая образуется в ходе электрохимической реакции. Кроме того, для разгонов используется дополнительная энергия, запасаемая в ёмкостных накопителях.

В автомобиле Toyota RAV4-FCEV используются топливные элементы на метаноле, имеющие КПД более 60% - в два или три раза больший, чем в бензиновых ДВС. Toyota уделяет большое внимание метанолу из-за его доступности и легкости заправки. Хотя в процессе реформинга метанола выделяется некоторое количество CO, CH и NO<sub>x</sub>, уровень этих выбросов на порядок меньше, чем у бензинового двигателя. Собственно процесс реформинга метанола состоит в смешении его с водой и пропускании через специальное устройство, состоящее из испарителя, реформера и селективного окислителя CO. Получающийся при этом газ, содержащий водород, подается к отрицательному электроду топливного элемента.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Планка требований к экологической безопасности автотранспортных средств постоянно повышается. Автомобиль XXI века должен быть экологически чистым, иначе негатив автомобилизации превысит её позитив. Люди хотят быть мобильными, но больше не желают расплачиваться за это своим здоровьем, стабильностью и предсказуемостью своего существования.

В настоящем пособии дано определение экологической безопасности автомобиля, сделана попытка описания и сведения воедино основных (но далеко не всех) показателей, влияющих на экологичность конструкции АТС. Но даже из представленного материала очевидно, насколько сложная и многоаспектная работа должна проводиться разработчиками новых моделей автомобильной техники, чтобы удовлетворить существующим и перспективным экологическим требованиям.

Еще более сложная задача - определение направлений развития автомобилестроения. Какой из многих альтернативных путей выбрать -

зависит от умения ориентироваться в быстро изменяющемся мире науки и техники, от адекватности используемых критериев оценки новых конструкций АТС, от правильной оценки изменения объективных социальных "заказов" и даже субъективных тенденций моды на автомобиль.

Так, на рис. 32 и 33 представлены данные фирмы Volvo об эффективности различных технологий по снижению токсичных выбросов ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}$ ,  $\text{NO}_x$ ) и выбросов "парникового" углекислого газа. Даже по этим двум критериям налицо неоднозначность. А ведь таких критериев, основные из которых рассмотрены в данном пособии, гораздо больше.

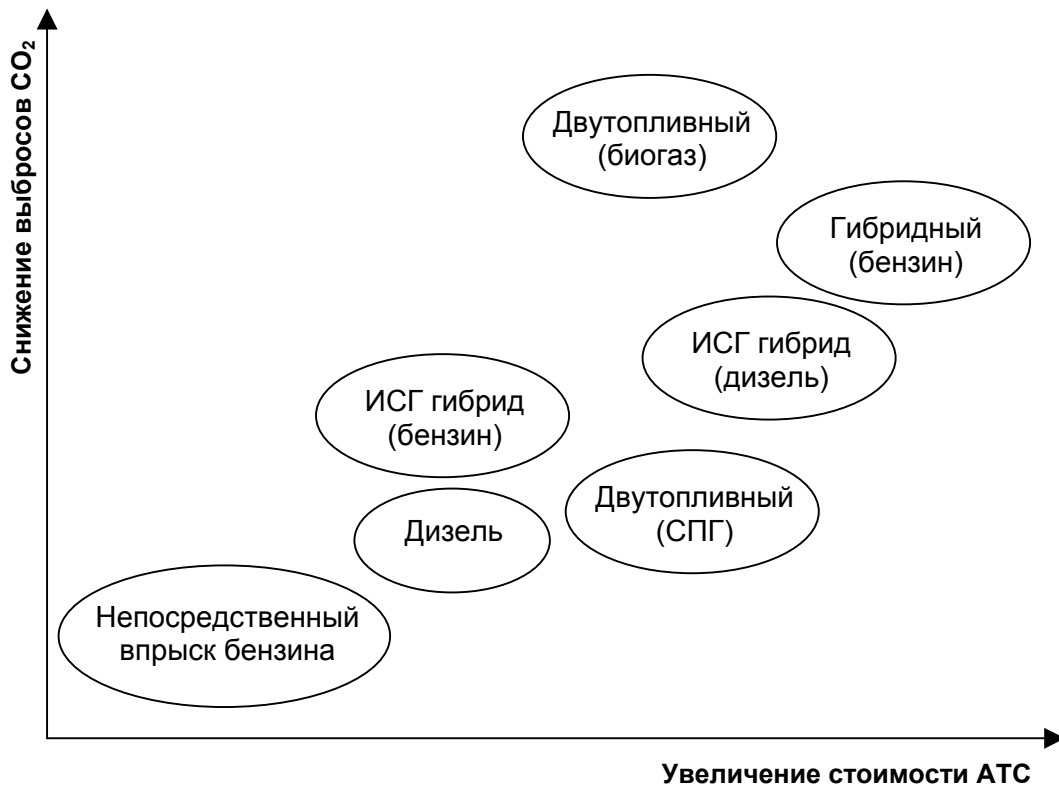


Рис. 33. Сравнительная эффективность различных технологий (данные фирмы Volvo)

## ЛИТЕРАТУРА

---

1. Урсул А.Д. Переход России к устойчивому развитию. Ноосферная стратегия. - М.: Изд. дом "Ноосфера". - 1998. - 500 с.
2. Кутенёв В.Ф., Звонов В.А., Козлов А.В. Оценка экологической безопасности автомобиля по полному жизненному циклу: основные понятия. НАМИ. - М., 1999. - 12 с.
3. Данилов А.М. Присадки и добавки. Улучшение экологических характеристик нефтяных топлив. – М.: Химия, 1996. – 232 с.
4. Якубовский Ю. Автомобильный транспорт и защита окружающей Среды: Пер. с пол. – М.:Транспорт,1979. - 198 с.
5. Зеленый мир. №3, 1999, с. 6 - 9.
6. Дербаремдикер А.Д., Трофименко Ю.В. Правовое обеспечение экологической чистоты автотранспортных средств// Автомобильная промышленность 1992. - № 2. - с.6.
- 7 Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство". - М.: Машиностроение, 1989. - 240 с.
- 8 Зленко М.А., Поляков Л.М., Сонкин В.И.,Цапов Н.Н. Анализ современных концепций бензинового двигателя с непосредственным впрыском// Проблемы конструкции двигателей. Сб. науч. тр. НАМИ, - М. 1998. - С. 34-53.
- 9 Дьяченко В.Г., Мацеренко И.П., Бобровский А.В. Двигатели с искровым зажиганием на пороге выбора новых направлений совершенствования// Проблемы конструкции двигателей. Сб. науч. тр. НАМИ - М. 1998 - С. 12-25.
- 10 T. Brachmann, F. Yatabe. The Natural Gas Honda Civic GX, an Unique Clean Vehicle for today and the 21" Century. Proceedings of NGV-98.
- 11 Фомин В.М., Каменев В.Ф., Абдельсатер Х.И., Шиале Висенте П.Ш. Проблемы применения биотоплив в дизелях// Проблемы конструкции двигателей. Сб. науч. тр. НАМИ - М. 1998 - С. 188-193.
- 12 Пополов А.С. Солнечный транспорт. - М.: Транспорт, 1996. - 166 с.
- 13 Мурыгин И.В. Электродные процессы в твердых электролитах М.: Наука, 1991. 351 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Измерители экологической безопасности автомобиля .....	6
1.1. Безопасность перевозочного процесса .....	6
1.2. Безвредность воздействия на окружающую среду .....	13
1.2.1. Загрязнение воздуха .....	14
1.2.1.1. Источники загрязнения воздуха .....	14
1.2.1.2. Нормирование загрязнения воздуха .....	14
1.2.1.3. Стандарты на автомобильные выбросы в Европе .....	16
1.2.1.4. Правила №83 ЕЭК ООН .....	20
1.2.1.5. Правила № 103 ЕЭК ООН .....	28
1.2.1.6. Правила № 49 ЕЭК ООН .....	29
1.2.1.7. Правила № 24 ЕЭК ООН .....	34
1.2.1.8. Правила № 101 ЕЭК ООН .....	37
1.2.2. Шумовое загрязнение окружающей среды .....	39
1.2.3. Электромагнитные излучения .....	43
1.3. Транспортный комфорт .....	45
1.4. Сохранение природных ресурсов .....	52
1.5. Транспортная эффективность .....	58
2. Оценка экологической безопасности АТС .....	62
2.1. Критерий парного сравнения .....	62
2.2. Составной критерий .....	62
3. Перспективы улучшения экологической безопасности АТС .....	65
3.1. Модернизация существующих типов двигателей АТС .....	66
3.1.1. Работа на бедных горючих смесях .....	68
3.1.2. Рециркуляция отработавших газов .....	69
3.1.3. Переменные фазы газораспределения .....	69
3.1.4. Непосредственный впрыск бензина .....	70
3.1.5. Работа по циклу Миллера .....	72
3.1.6. Малоразмерные дизельные двигатели с непосредственным впрыском топлива .....	74
3.1.7. Двухтактные двигатели с непосредственным впрыском топлива .....	75
3.2. Двигатели, работающие на альтернативных топливах .....	76

---

3.2.1. Сжиженный нефтяной газ .....	76
3.2.2. Сжатый природный газ.....	77
3.2.3. Метанол.....	79
3.2.4. Биологические энергоносители.....	79
3.3. АТС с электрическим и комбинированным приводом.....	80
3.3.1. Электромобили .....	81
3.3.2. Гибридный привод.....	84
3.3.3. Топливные элементы .....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
Список литературы .....	93

Анатолий Иосифович РЯБЧИНСКИЙ  
Юрий Васильевич ТРОФИМЕНКО  
Сергей Вячеславович ШЕЛМАКОВ

## **Экологическая безопасность автомобиля**

### **Учебное пособие**

Редактор И.А.Короткова  
Технический редактор И.А.Короткова  
ЛР № 021090 от 14.01.1997 г.

Тем. План 1999 г., п. 75

---

Подписано в печать		Формат 60x84/16
Печать офсетная.	Усл. печ. л. 5,8	Уч.-изд.л. 4,7
Тираж 500 экз.	Заказ	Цена 12 р.

---

Ротапринт МАДИ(ТУ). 125829, Москва, Ленинградский проспект, 64