

Предлагаемая методика позволяет упростить расчет норм расхода запасных частей, а также повысить точность получаемых результатов.

#### Список литературы

1. Шумик С.В., Флерко И.М., Кучур С.С. Методы нормирования расхода запасных частей при эксплуатации автомобилей. Мн., 1983. Деп. в БелНИИНТИ 3.01.83, № 529Бе-Д83.
2. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. М., 1965.
3. Блюдов Е.П. Исследование соотношений расхода металла на изготовление запасных частей и производство автомобилей: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1972.
4. Методика разработки нормативов потребности в запасных частях и агрегатах к автомобилям, тракторам и сельскохозяйственным машинам на ремонтно-эксплуатационные нужды / ГосНИТИ. М., 1974.
5. Тельнов Л.С. Инженерные методы расчета средних нормативов потребности запасных частей // Тракторы и сельхозмашины. 1976. № 8.

УДК 629.113.004

М.М.БОЛБАС, Е.Л.САВИЧ,  
кандидаты техн. наук,  
В.В.ШЛОВЕНЕЦ (БПИ)

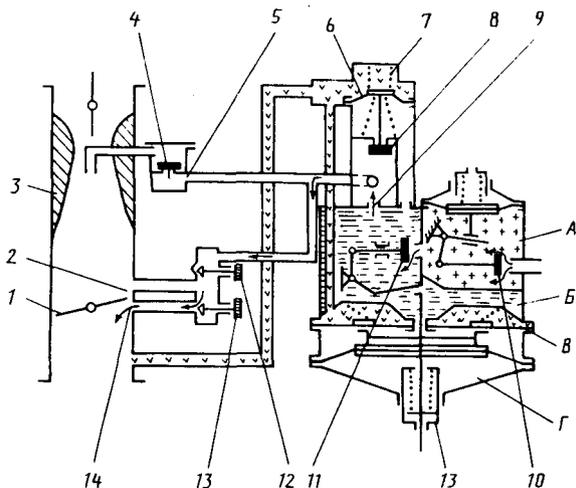
### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГАЗОВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА

В последние годы значительно расширилось применение газобаллонных автомобилей (ГБА), работающих на сжатом природном газе (СПГ). Наряду со снижением эксплуатационных затрат использование природного газа в качестве моторного топлива приводит к уменьшению выбросов токсичных компонентов отработавших газов (ОГ). Низкий уровень токсичности ОГ в значительной степени связан с условиями смесеобразования и сгорания газоздушнoй смеси.

Вместе с тем, как показали исследования, проведенные на кафедре "Техническая эксплуатация автомобилей" БПИ, экономичность и экологическая чистота работы газового автомобильного двигателя зависят от технического состояния топливоподающей аппаратуры (ТПА), в первую очередь редуктора низкого давления (РНД) и карбюратора-смесителя (КС).

Одним из режимов, характеризующих работу двигателя, является режим минимальной частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу. По оценкам специалистов, он составляет в условиях движения по улицам большого города до 30% всего времени нахождения автомобиля на линии.

Для изучения работы двигателей ГБА в режиме минимальной частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу проведена массовая проверка автомобилей ЗИЛ-138А, эксплуатируемых в грузовых автомобильных парках № 3 и 6 объединения "Минскгрузавтотранс", на топливную экономичность и токсичность отработавших газов. Установлено, что больше половины всех автомобилей работает с различными нарушениями регулировок газовой системы питания. Так, у 80% проверенных автомобилей минимальная частота вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу была выше рекомендуемой заводом-изготовителем. Наблюдались во многих случаях неустой-



*Рис. 1.* Положение основных элементов редуктора низкого давления и карбюратора-смесителя при работе двигателя ЗИЛ-138А в режиме холостого хода:  
 А — полость 1-й ступени РНД (давление 0,2–0,22 МПа); Б — то же 2-й ступени РНД (давление 80–100 Па); В — разгрузочного устройства (разрежение 50–70 кПа); Г — атмосферного давления

чивая работа двигателя на холостом ходу и переходных режимах, затрудненный его запуск, повышенный расход газа, а также высокие концентрации окиси углерода (СО) и углеводородов ( $C_m H_n$ ) в отработавших газах.

Для выяснения причин нарушения нормального сгорания газозвушной смеси проанализируем работу двигателя на холостом ходу (рис. 1). Клапаны первой 10 и второй 11 ступеней РНД открыты. Клапан 8 экономайзера закрыт под действием высокого разрежения в полости над диафрагмой 6. Воздух, преодолевая сопротивление пружины 7, удерживает диафрагму в верхнем положении, при котором связанный с ней клапан 8 прижат к седлу. Обратный клапан 4 главной дозирующей системы карбюратора-смесителя закрыт, так как передающееся из диффузора-смесителя 3 разрежение в режиме холостого хода двигателя недостаточно для открытия клапана. Вследствие этого газ подается в двигатель только через систему холостого хода карбюратора-смесителя.

Поддача газа в систему холостого хода осуществляется следующим образом. Из полости Б второй ступени РНД газ через дозирующее отверстие 9 экономической регулировки поступает в пространство за дроссельными заслонками 1 по основному газопроводу 5 низкого давления и шлангу подвода газа в систему холостого хода. В указанном пространстве происходит образование горючей смеси. На режиме минимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя подачу газа через отверстие 14 можно регулировать с помощью винта 13. На режиме повышенной частоты вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу и переходных режимах газ поступает в область задрозсельного пространства и через прямоугольное отверстие 2.

Общую подачу газа в систему холостого хода можно изменять с помощью регулировочного винта 12. Эта регулировка определяет качество работы двигателя на переходных режимах и обеспечивает плавный переход от холостого хода к нагрузочным режимам без "провалов".

Методика регулировки системы холостого хода [1] предусматривает следующее. Предварительно на неработающем двигателе винт 12 отворачивают на 2–3 оборота, а винт 13 — на 1 оборот. Запускают двигатель и прогревают его до необходимой температуры. Выворачивая упорный винт дроссельных заслонок, устанавливают минимальную устойчивую частоту вращения коленчатого вала двигателя. Затем обедняют смесь, заворачивая винт 13 при каждой пробе на 1/4 оборота до момента начала работы двигателя с переборами. После этого регулировочный винт 13 отворачивают на 1/2 оборота. Кроме того, рекомендуется проверять работу системы холостого хода на переходных режимах при резком и плавном нажатии на педаль управления дроссельными заслонками.

Как показала проверка, проведенная на автотранспортных предприятиях, эксплуатирующих ГБА, такая регулировка системы холостого хода не обеспечивает оптимальной работы двигателя на холостом ходу. В отличие от бензиновой системы холостого хода даже незначительное изменение положения регулировочного винта газовой системы приводит к неполному сгоранию газозвдушной смеси. Кроме того, независимо от положения регулировочного винта в значительной степени работа двигателя на холостом ходу определяется давлением газа в выходной полости РНД. При этом вследствие нарушения качества сгорания газозвдушной смеси возрастает токсичность отрабо-

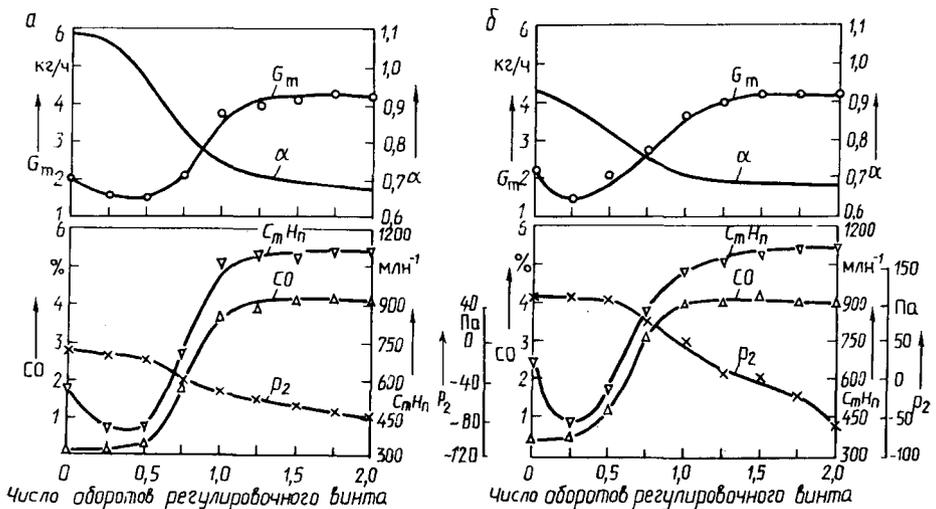


Рис. 2. Показатели работы двигателя ЗИЛ-138А в режиме холостого хода ( $n = 600 \text{ мин}^{-1}$ ) в зависимости от положения винта регулировки системы холостого хода карбюратора-смесителя:

а — во 2-й ступени РНД  $p_2 = -50 \text{ Па}$ ; б —  $p_2 = 50 \text{ Па}$

тавших газов. Поэтому необходима разработка более совершенной методики регулировки газовой системы холостого хода.

С целью определения влияния регулировок газовой системы холостого хода на выбросы окиси углерода и углеводородов и топливную экономичность проведены стендовые испытания двигателя ЗИЛ-138А. Расход газа определяли по перепаду давления в мерном баллоне, воздуха — с помощью ротационного счетчика РГ-200, концентрацию СО и  $C_m H_n$  — с помощью газоанализаторов Элкон S-305 и ГЛ-1121. Испытания проводили при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя ( $600 \text{ мин}^{-1}$ ). Изучали весь диапазон возможных регулировок системы холостого хода при разных значениях давления газа во 2-й ступени РНД.

На основе полученных экспериментальных данных построены графики зависимости расхода топлива, содержания СО и  $C_m H_n$  в отработавших газах, а также коэффициента избытка воздуха от положения винта регулировки холостого хода при различном исходном давлении во 2-й ступени РНД (рис. 2). Анализ полученных характеристик позволил сделать вывод о том, что оптимальная работа двигателя на холостом ходу обеспечивается в сравнительно узком диапазоне положения регулировочного винта при коэффициенте избытка воздуха, близком к 0,9. По мере заворачивания винта расход газа и выброс СО и  $C_m H_n$  снижаются, а при приближении винта к упору несколько возрастают. Это связано с тем, что при таком положении регулировочного винта система холостого хода не обеспечивает устойчивой работы двигателя. Для поддержания постоянной частоты вращения коленчатого вала необходимо увеличить степень открытия дроссельных заслонок; расход воздуха повышается и как следствие смесь дополнительно обедняется.

По мере отворачивания винта на  $1/4$ — $1/2$  оборота расход газа снижается при уменьшении выделения углеводородов, причем минимальный часовой расход топлива соответствует минимальной концентрации  $C_m H_n$  в отработавших газах. Работа двигателя становится более устойчивой. При дальнейшем отворачивании винта смесь начинает обогащаться, что приводит к увеличению объема выбросов СО и  $C_m H_n$ . При отворачивании винта на  $1,0$ — $1,5$  оборота расход газа возрастает в  $2,5$ — $2,8$  раза, объем выбросов СО и  $C_m H_n$  — соответственно в  $8$ — $10$  и  $2,3$ — $2,5$  раза. Работа двигателя в этом случае становится крайне неустойчивой.

Необходимо также отметить, что давление газа во 2-й ступени РНД уменьшается по мере отворачивания регулировочного винта, что связано с изменением площади проходного сечения отверстия карбюратора-смесителя. При давлении газа во 2-й ступени РНД более  $120 \text{ Па}$  система холостого хода практически нечувствительна к регулировкам и не обеспечивает качественного смесеобразования и сгорания газозоудушной смеси.

На основании проведенных испытаний разработана методика регулировки системы холостого хода газовых автомобильных двигателей по минимальной концентрации углеводородов в отработавших газах. Для обеспечения оптимальной регулировки системы холостого хода необходимо наличие газоанализаторов, с помощью которых можно определить содержание СО и  $C_m H_n$  в отработавших газах, а также переносного тахометра. Перед началом работ проверяют герметичность соединений газовой топливной аппаратуры. Затем подсоединяют заборники газоанализаторов, тахометр и запускают двигатель.

Табл. 1. Результаты испытаний двигателей ГБА ЗИЛ-138А на топливную экономичность и токсичность ОГ на режиме минимальной частоты вращения холостого хода

| Параметр   | Результаты измерений значений параметров |                  |                               |
|--|--|------------------|-------------------------------|
|  | диапазон изменения                       | среднее значение | среднеквадратичное отклонение |
| Расход газа, кг/ч  |  |                  |                               |
| до регулировки   | 1,75–5,40                                | 2,85             | 0,858                         |
| после регулировки  | 1,51–3,06                                | 2,16             | 0,345                         |
| Содержание СО, %, в выбросах   |  |                  |                               |
| до регулировки   | 0,1–2,8                                  | 1,39             | 0,736                         |
| после регулировки  | 0,1–0,8                                  | 0,395            | 0,178                         |
| Концентрация $C_m H_n$ , млн <sup>-1</sup> в выбросах (по $C_6 H_{12}$ ) |  |                  |                               |
| до регулировки   | 320–1100                                 | 592              | 198                           |
| после регулировки  | 220–720                                  | 430              | 151                           |

Устанавливают минимальную устойчивую частоту вращения коленчатого вала поворотом упорного винта дроссельных заслонок. После этого производят регулировку карбюратора-смесителя до момента достижения минимального значения концентрации углеводородов в выбросах. Частота вращения коленчатого вала поддерживается поворачиванием упорного винта на уровне 500–600 мин<sup>-1</sup>. Содержание СО в отработавших газах должно быть в пределах (0,4±0,2) %. В случае отклонения от этих значений необходимо регулировать давление в выходной полости РНД. Затем регулировку системы холостого хода повторяют и проверяют работу двигателя на переходных режимах.

Результаты исследований показывают, что 1) повышенное (более 0,6 %) содержание в выбросах окиси углерода на режиме минимальной частоты вращения коленчатого вала при давлении во 2-й ступени РНД (80–100) Па и законченной регулировке системы холостого хода КС связано с тем, что газ поступает, минуя эту систему; 2) неустойчивая работа двигателя на переходных режимах обуславливает необходимость дополнительной регулировки с помощью винта — изменения общей подачи газа (при быстром открытии дроссельных заслонок) или очистки обратного клапана КС (при медленном открытии дроссельных заслонок); 3) значительное снижение давления газа во 2-й ступени РНД при незначительном уменьшении давления в 1-й ступени и повышенной частоте вращения коленчатого вала указывает на неисправность клапана 2-й ступени (недостаточный ход, разбухание резинового уплотнения клапана) или на повышенную жесткость ее пружины; одновременное снижение давления и в 1-й ступени обусловлено неисправностью электромагнитного клапана-фильтра, неполным открытием расходных вентилей (значительное падение давления и на входе РНД) или недостаточным ходом клапана 1-й ступени РНД; 4) повышенное (более 0,3 %) содержание в выбросах окиси углерода на режиме повышенной частоты вращения коленчатого вала свидетельствует о возрастании давления во 2-й ступени (неправильная регулировка или низкая жесткость пружины) или о неисправности дозирующе-экономайзерного

устройства РНД; 5) возрастание концентрации углеводов (выше  $200 \text{ млн}^{-1}$ ) на режиме повышенной частоты вращения коленчатого вала связано с неисправностью системы зажигания (полный или частичный отказ отдельных свечей зажигания, отклонение величины зазора между контактами прерывателя-распределителя от оптимальной, большой угол опережения зажигания) или с утечкой газов через клапаны механизма газораспределения.

В соответствии с разработанной методикой выполнены регулировочные работы системы питания группы ГБА (табл. 1).

Внедрение в ГАП № 6 предложенной методики проверки и регулировки газовой системы питания двигателей ГБА ЗИЛ-138А при работе их на режимах холостого хода позволило уменьшить содержание окиси углерода в ОГ в среднем на 71 %, углеводов — на 27,4 %. При снижении расхода газового топлива в среднем на 24,2 % обеспечивается более устойчивая работа двигателя как на режиме холостого хода, так и на переходных режимах.

#### Список литературы

1. Морев А.И., Ерохов В.И. Эксплуатация и техническое обслуживание газобаллонных автомобилей. М., 1988.

УДК 629.113.004

Я.СУРМА (БПИ)

### ИЗМЕНЕНИЕ АМПЛИТУДЫ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ДВИГАТЕЛЯ ЯМЗ-236 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОТКЛОНЕНИЙ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ

При эксплуатации дизельных двигателей наблюдается значительное отклонение динамических и температурных показателей их рабочего цикла от нормируемых. Основная причина этого — отклонение регулировок систем и механизмов от установочных значений, изменение параметров топливоподачи. При нарушении по указанным причинам нормального протекания рабочего цикла двигателя ухудшаются его мощностные и экономические показатели, имеет место интенсивное изнашивание деталей (прогорания поршней, клапанов, потеря подвижности поршневых колец, интенсивное коксование распылителей). С другой стороны, при интенсивном изнашивании цилиндропоршневой группы и закоксовывании распылителей усугубляется нарушение рабочего цикла в связи с попаданием картерного масла в камеру сгорания и ухудшением характеристик топливоподачи. Изнашивание деталей цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма при этом становится еще более интенсивным [1, 2]. Следовательно, обязательно поддержание регулировочных параметров системы подачи топлива и газораспределительного механизма на оптимальном уровне.

При выборе метода контроля регулировок необходимо прежде обеспечивать такие требования, как быстродействие и точность постановки диагноза, отсутствие демонтажных воздействий на двигатель в процессе диагностирова-