

ТРАНСПОРТНОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

621.436.03

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ ВНЕДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ

Д-р техн. наук, проф. В.В. ЭФРОС, асст. П.В. ГОРБУНОВ

Представлены результаты исследований влияния повышенного давления впрыскивания на экологические показатели дизеля внедорожного назначения. Предложен закон управления действительным началом подачи, позволяющий снизить эмиссию продуктов неполного сгорания на 34—66 %.

Influence of a heightened injection pressure on ecological indexes of the nonroad diesel engine are introduced. The characteristic of steering is offered by the actual commencement of fuel delivery, allowing to reduce emission of products of an incomplete combustion on 34 - 66 %.

Поэтапное введение нормативных ограничений токсичности отработавших газов привело к необходимости совершенствования сгорания в дизелях не только на режимах номинальной мощности и максимального крутящего момента, но и, особенно, на режимах частичных нагрузок.

Общепризнано, что перспективным способом одновременного снижения эмиссии оксидов азота NO и дисперсных частиц PM является интенсификация впрыскивания топлива и уменьшение угла его опережения [1, 2]. Подобная работа была выполнена для дизелей семейства Владимирского моторо-тракторного завода. Повышение энергии топливоподачи осуществлялось за счет увеличения скорости плунжера и его диаметра, давления начала открытия распылителя и остаточного давления в топливопроводе, что позволило на номинальном режиме усилить амплитуду волны давления в штуцере форсунки с 35 до 70 МПа. На рис. 1 показаны изолинии удельных выбросов e_{NO} и e_{PM} в зависимости от эффективного давления p_e и момента начала впрыскивания $\varphi_{\text{ДН}}$ дизелем ЗЧН10,5/12 ($N_e = 34,5$ кВт при $n = 2000$ мин⁻¹), оснащенного форсированной топливной системой.

При эффективном давлении p_e свыше 0,32 МПа выброс оксидов азота $e_{\text{NO}} \leq 7$ г/кВт·ч, отвечающий нормативам Stage — III для внедорожных машин, обеспечивается задержкой $\varphi_{\text{ДН}}$ более 7° ПКВ после ВМТ. Однако позднее впрыскивание малых доз топлива, соответствующих p_e менее 0,32 МПа, резко ухудшает условия для их эффективного сгорания: область неполного окисления отмечается провалом на характеристике e_{NO} и экстремальным ростом величины e_{PM} . В результате частичные нагрузки, соответствующие 10 % от номинальной мощности по 8 ступенчатому испытательному циклу ISO 8178 C1, являются наиболее опасными по выбросам продуктов неполного сгорания.

С целью достижения наилучших соотношений $e_{\text{NO}}/e_{\text{PM}}$ на нормируемых нагрузочных режимах был разработан закон управления углом действительного начала подачи $\varphi_{\text{ДН}} = f(p_e)$ в зависимости от эффективного давления (рис. 2).

На малых нагрузках ($p_e = 0 \dots 0,24$ МПа) характеристика обеспечивает момент начала впрыскивания $\varphi_{\text{ДН}} = 3^\circ$ ПКВ до ВМТ, выбранный из условия минимальных выбросов продуктов неполного сгорания. К 50 % от номинальной мощности переходный процесс

со скоростью $d\varphi_{\text{ДН}}/dp_e = 8,3 \text{ }^\circ \text{ ПКВ}/(0,1 \text{ МПа})$ уменьшает угол $\varphi_{\text{ДН}}$ до $5 \text{ }^\circ \text{ ПКВ}$ после ВМТ, что снижает удельный выход e_{NO} до $7 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ (рис. 1). Для поддержания последнего на постоянном уровне при высоких нагрузках ($p_e > 0,36 \text{ МПа}$) величина $\varphi_{\text{ДН}}$ плавно уменьшается ($d\varphi_{\text{ДН}}/dp_e = 0,3 \text{ }^\circ \text{ ПКВ}/(0,1 \text{ МПа})$) и достигает при полной мощности дизеля $8 \text{ }^\circ \text{ ПКВ}$ после ВМТ. Следует заметить, что для конкретного двигателя величина запаздывания $\varphi_{\text{ДН}}$ определяется особенностями его рабочего процесса и предъявляемыми нормативными требованиями к токсичности отработавших газов. Например, выполнение дизелем 3ЧН10,5/12 стандарта Stage — II ($e_{\text{NO}} \leq 8 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$) требует задержки $\varphi_{\text{ДН}}$ не более $4,5 \dots 5,5 \text{ }^\circ \text{ ПКВ}$ после ВМТ.

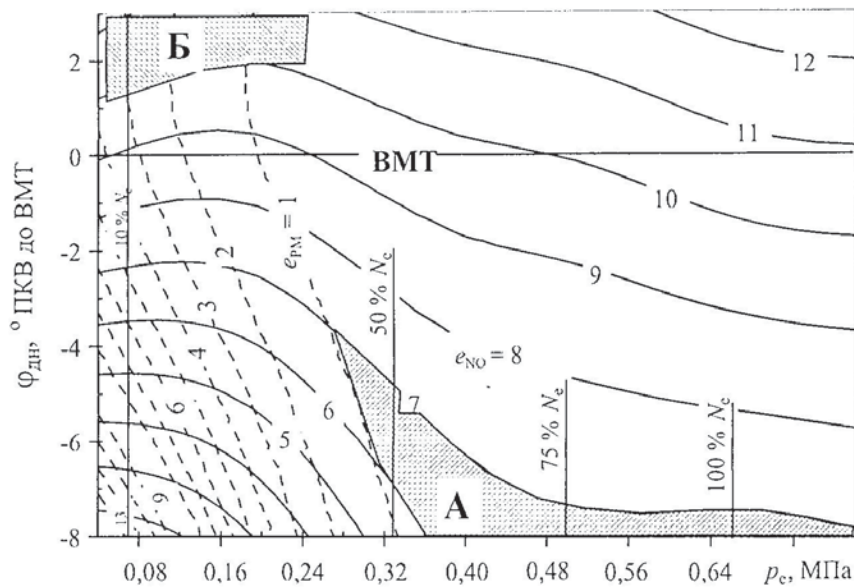


Рис. 1. Изолинии удельных выбросов оксидов азота e_{NO} и дисперсных частиц e_{PM} в $\text{г/кВт}\cdot\text{ч}$ дизелем 3ЧН10,5/12 в зависимости от эффективного давления p_e и угла $\varphi_{\text{ДН}}$ ($n = 2000 \text{ мин}^{-1}$) и уровни мощности при $N_e = 34,5 \text{ кВт}$: А — область допустимых значений токсичности ОГ (Stage - III) при p_e свыше $0,28 \text{ МПа}$; Б — менее $0,24 \text{ МПа}$

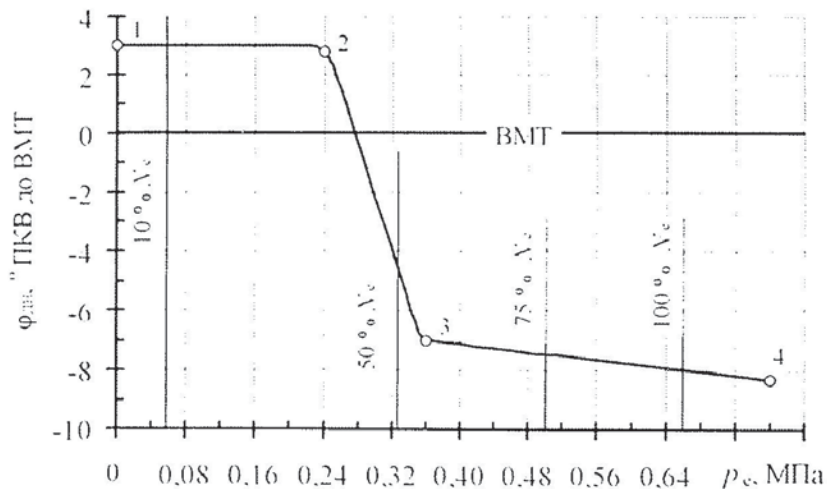


Рис. 2. Закон управления $\varphi_{\text{ДН}} = f(p_e)$ дизеля 3ЧН10,5/12 (Stage-III) и уровни мощности при $N_e = 34,5 \text{ кВт}$



Рис. 3. Плунжер с дополнительной регулирующей кромкой: 1 — основная; 2 — дополнительная

Для проверки возможностей улучшения показателей дизелей с помощью управления моментом начала подачи и впрыскивания с повышенной энергией на плунжерах топливного насоса были выполнены дополнительные регулирующие кромки (рис. 3), позволяющие изменять геометрическое начало подачи $\varphi_{ГПШ}$ в зависимости от нагрузочного режима работы двигателя. Величина коррекции $\varphi_{ГПШ}$ при номинальной мощности дизеля составила 6° ПКВ, а на режиме максимального крутящего момента — 5° , что меньше на 4° требуемой задержки $\varphi_{ДП}$ для двигателя ЗЧН10,5/12 (рис. 2). Поэтому для дальнейших исследований дизель был оборудован охладителем наддувочного воздуха.

Сравнительные испытания по циклу ISO 8178 C1 показали, что регулирование угла опережения впрыскивания позволило снизить суммарные удельные выбросы оксида углерода e_{CO} , углеводородов e_{CH} и дисперсных частиц e_{PM} на 34—66 % при практически неизменном выходе оксидов азота e_{NO} . В результате показатели токсичности ОГ у дизеля ЗЧН10,5/12 стали соответствовать этапу Stage — III и составили: $(e_{NO} + e_{CH}) = 7,44$ г/кВт·ч; $e_{CO} = 1,98$ г/кВт·ч; $e_{PM} = 0,511$ г/кВт·ч.

Выполненные исследования показали, что усовершенствованные разделенные топливные системы с механическим регулированием позволяют обеспечить существенную интенсификацию топливоподачи, управление углом опережения впрыскивания и, соответственно, улучшить экологические показатели дизелей внедорожной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. — Владимир: Изд-во ВлГУ, 2000. — 256 с.
2. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. — М.: Легион-Автодата, 2004. — 344 с.