

Совершенствование регулировочных стенов топливной аппаратуры автотракторных дизелей

Ф.Р. Сафин, ассистент, ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ;
Е.М. Асманкин, д.т.н., профессор, **В.А. Шахов**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО Оренбургский ГАУ

Экономичность работы дизелей во многом определяется техническим состоянием их топливной аппаратуры (ТА), оцениваемым кроме всего прочего неравномерностью топливоподачи.

Практика показывает, что значительная часть дизелей, особенно оборудованных топливными системами непосредственного действия с механическим приводом, в эксплуатации пока ещё работает с высокой неравномерностью топливоподачи и, как следствие, с повышенным расходом топлива.

Высокая неравномерность топливоподачи является следствием несовершенства ныне применяемых регулировочных стенов ТА. Дело в том, что в них ТА регулируется при впрыске топлива в среду с атмосферным давлением. При работе же их на двигателе впрыск производится в камеру сгорания, противодействие которого снижает цикловую подачу. С учётом этого ТА обычно регулируют на увеличенную до 10% подачу. Однако этим в полной мере проблема не решается; из-за гидравлической неидентичности секций ТА снижение их цикловых подач при работе на двигателе оказывается неодинаковым по цилиндрам и обуславливает существенное возрастание неравномерности топливоподачи.

Этот недостаток можно устранить лишь совершенствованием регулировочных стенов ТА, а именно путём создания в них противодействия впрыску, соответствующего имеющемуся в двигателях [1].

Цель исследования – совершенствование регулировочных стенов топливной аппаратуры автотракторных дизелей созданием в них таких же условий работы, что и в двигателях.

Материалы и методы исследования. Для совершенствования регулировочных стенов ТА дизелей предложены разнообразные устройства противодействия впрыску (УПВ). Перспективными считаются те, в которых противодействие впрыску

создаётся самим впрыскиваемым топливом [2]. Конструктивно они выполняются с использованием аккумуляторов впрыскиваемого топлива, представляющих из себя заполненный топливом замкнутый объём. Предложена и методика проектирования таких устройств, основанная на использовании индикаторной диаграммы двигателей, построенной расчётным путём или экспериментально [3].

Известные УПВ отличаются сложностью конструкции, обусловленной использованием комбинированных аккумуляторов и сложностью их разгрузки после завершения впрыска.

Результаты исследований. Был спроектирован для ТА автотракторных дизелей упрощённый вариант УПВ (рис. 1). Упрощение достигнуто использованием гидравлического аккумулятора и его разгрузкой постоянным дросселируемым перепуском топлива.

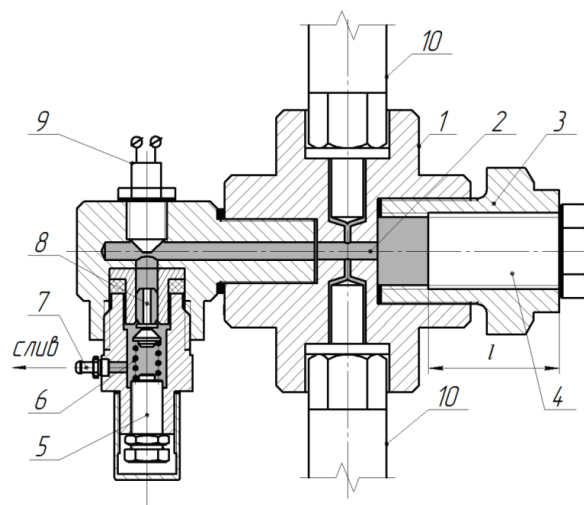


Рис. 1 – Устройство противодействия впрыску с гидравлическим аккумулятором (объём его выделен затемнением):

1 и 2 – корпус и камера впрыска; 3 – гидравлический аккумулятор; 4 – шток; 5 – регулировочный винт; 6 – пружина перепускного клапана; 7 – сливной штуцер; 8 – перепускной клапан; 9 – датчик давления; 10 – форсунки; *l* – длина штока

Постоянный слив топлива осуществляется через перепускной клапан 8 (в качестве которого использовался грибовый нагнетательный клапан насоса высокого давления УТНМ).

Для экспериментальных исследований предложенного устройства была принята ТА дизеля Д-245.12. Объём аккумулятора устройства определялся с использованием индикаторной диаграммы дизеля Д-245.12, построенной на основе теплового расчёта (рис. 2).

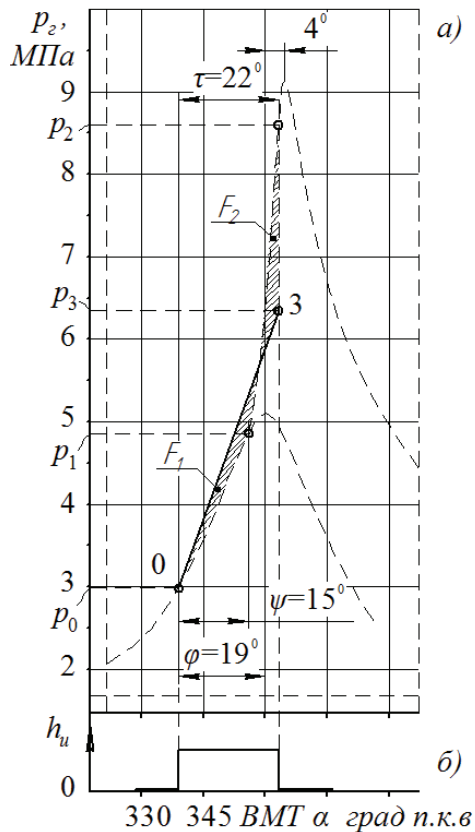


Рис. 2 – Расчётная индикаторная диаграмма двигателя Д-245.12 (штриховая линия) и её линейризованный участок 0–3 (а) и ход иглы распылителя форсунки h_u (б):

p_0 и p_2 – давления в моменты начала и конца впрыска топлива; p_1 – давление начала ощутимого возрастания давления в цилиндре после самовоспламенения топлива; φ и τ и ψ – опережение и продолжительность впрыска и период задержки самовоспламенения топлива; $ВМТ$ – верхняя мёртвая точка поршня двигателя; 0–3 – усреднённое давление газов в цилиндре; F_1 и F_2 – условные расчётные площади

Давление в аккумуляторе обеспечивалось по усреднённой линии 0–3, проведённой так, чтобы выполнялось условие $F_1 = F_2$. Если учесть, что в первом периоде процесса сгорания впрыскивается почти 70% цикловой подачи топлива, то ориентация на эту линию 0–3 может считаться вполне обоснованной.

Расчётный объём гидравлического аккумулятора находился по его жёсткости [4], определённой на основе разности давлений в точках 3 и 0

индикаторной диаграммы и составил 27,4 см³. Для корректирования объёма аккумулятора (при использовании устройства для ТА другого конкретного дизеля) в нём предусмотрены сменные штоки 4, отличающиеся длиной l (находящейся в пределах от 15 до 60 мм). За счёт этих сменных штоков объём аккумулятора мог изменяться в пределах 20–50 см³.

Предложенное устройство интересно тем, что может использоваться и для регулировки форсунок (как в комплекте с топливопроводами высокого давления, так и без них) созданием противодействия впрыску.

При экспериментальных исследованиях УПВ регистрировались давления в камере впрыска и у штуцеров форсунок датчиками давления МД-10-10V и МД-60-10V. Сигналы от них выводились на экран ЭВМ через АЦП ZET 210 (с его программным обеспечением). На всех этапах исследований ТА регулировалась на возможно низкую неравномерность топливоподачи.

Исходная цикловая подача принималась равной 87 мм³. Осциллограммы давлений приведены на рисунке 3.

Межсекционная неравномерность топливоподачи находилась предложенным усреднённым методом Башкирского ГАУ, определённым как средняя величина неравномерностей подач всех секций [5].

При впрыске в атмосферу остаточное давление в топливопроводе равнялось 4,4 МПа, давления начала и окончания впрысков были 25,0 МПа и 4,7 МПа, продолжительность впрыска составила $\tau = 22$ град. п.к.в., опережение впрыска было $\varphi = 19$ град. п.к.в.

Выявилось, что при введении постоянного слива топлива из аккумулятора давление в нём в конце впрыска оказалось несколько ниже требуемого. Поднять его до необходимого удалось уменьшением объёма аккумулятора до 23,9 см³ (на 3,5 см³).

После такой корректировки давления в камере в начале и конце впрыска оказались $p_0 = 3,0$ МПа и $p_3 = 6,4$ МПа, т.е. разность их была $\Delta p = 3,4$ МПа (что соответствует усреднённой линии 0–3 линейризованной индикаторной диаграммы рис. 2). Давления у штуцера форсунок были в начале впрыска 23,8 МПа, а в конце 7,4 МПа. Максимальное давление впрыска составило 24,0 МПа, а остаточное давление в топливопроводе было 5,0 МПа.

Как видно из приведённых осциллограмм, после завершения впрыска давление в аккумуляторе плавно снижалось до начала очередного впрыска (из-за постоянно дросселируемого слива топлива) и этим обеспечивалось стабильное остаточное давление в аккумуляторе. Скорость разгрузки аккумулятора определялась предварительным затягом перепускного клапана. Одно устройство могло обслуживать две «отдалённо» расположенные друг от друга секции (при порядке работы 1–3–4–2 – это 1 и 4 или 3 и 2).

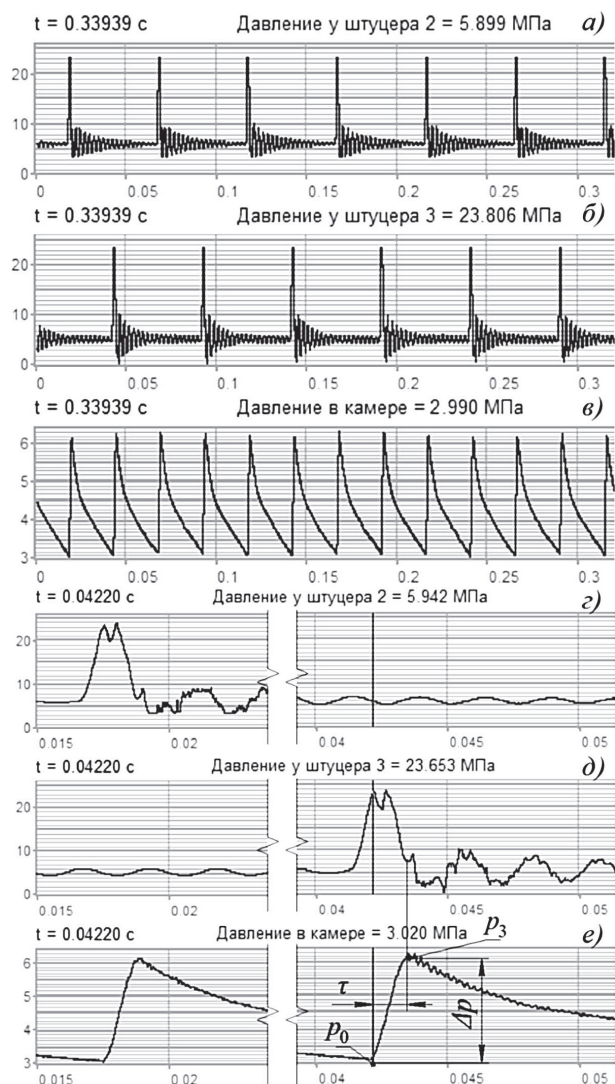


Рис. 3 – Осциллограммы давления у штуцера форсунки второй (а) и третьей (б) секций ТА и в камере УПВ (в) и соответствующие им расширенные по оси абсцисс осциллограммы (г), (д) и (е):
 p_0 и p_3 – начальное и конечное противодействия впрыску; Δp – величина нарастания противодействия; τ – продолжительность впрыска

Скоростные характеристики топливной системы, снятые при впрысках в атмосферу и в аккумулятор предложенного УПВ, представлены на рисунке 4.

При проверке таким образом отрегулированной ТА введением противодействия впрыску (по линии 0–3) характеристика приобрела вид, изображённый кривой 2. Отличие её – на номинальном режиме цикловая подача снизилась на 4% (линия 2), а неравномерность возросла на 8%. Это стало результатом отмеченного выше влияния противодействия впрыску.

С уменьшением частоты вращения вала ТНВД неравномерность топливоподачи возросла во всех случаях. При снижении оборотов, например, до $n_k = 800 \text{ мин}^{-1}$ (режим максимального крутящего

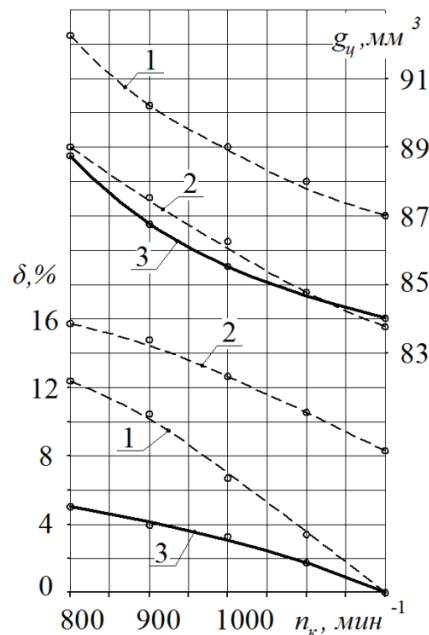


Рис. 4 – Скоростные характеристики средней цикловой подачи по секциям ТНВД и усреднённой неравномерности топливоподачи:

n_k – частота вращения кулачкового вала топливного насоса; g_u – цикловая подача; δ – межсекционная неравномерность топливоподачи; 1 – при регулировке ТА с впрыском в среду с атмосферным давлением; 2 – при проверке отрегулированной таким образом ТА введением противодействия (по линии 0–3); 3 – при регулировании отдельно форсунок и в целом ТА созданием противодействия впрыску ТА, отрегулированная при впрыске в среду с атмосферным давлением, имела скоростную характеристику, изображённую линией 1

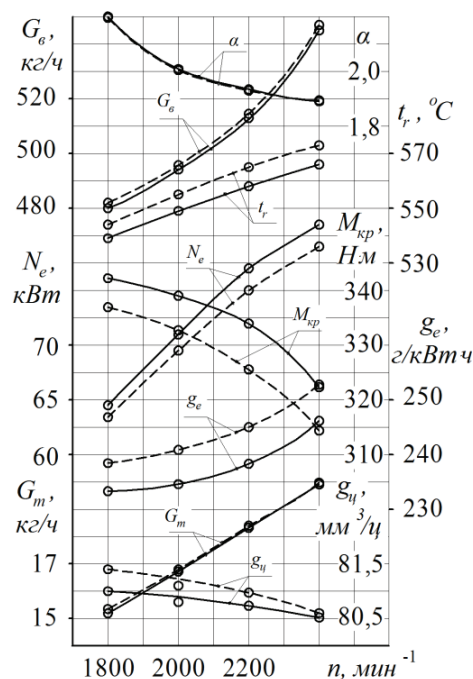


Рис. 5 – Скоростная характеристика дизеля Д-245.12 с ТА, отрегулированной при впрыске в среду с атмосферным давлением (штриховые линии) и с противодействием впрыску (сплошные)

момента) в случае регулировки с впрыском топлива в атмосферу она возрасла до 12,5% (линия 1), а при проверке введением противодействия – до 16% (линия 2). Неравномерность топливоподачи оказалась наименьшей (5%) при регулировании форсунок и в целом ТА с впрыском в среду с противодействием (линия 3).

Для дальнейших испытаний ТА регулировалась на стенде, оборудованном предложенным УПВ, причём с последовательной регулировкой отдельно форсунок и в целом ТА. Регулировка производилась на уменьшенную цикловую подачу ($84 \text{ мм}^3/\text{цикл}$). Результаты испытаний представлены на рисунке 5.

При регулировке ТА с применением УПВ на номинальном режиме ($n = 2400 \text{ мин}^{-1}$) часовые расходы топлива и воздуха практически не изменились – составили $G_m = 19,97 \text{ кг/ч}$, $G_g = 547 \text{ кг/ч}$. Выше оказались мощность двигателя N_e (на 2 кВт) и крутящий момент M_k (на $7,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$), ниже были удельный расход g_e (на $6,5 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$) и температура выхлопных газов t_r (на 7°C).

Выводы. Технико-экономические показатели работы дизелей можно существенно повысить, приблизив условия работы их ТА на регулировочных стендах к таковым на двигателе.

Предложенное устройство противодействия впрыску вполне работоспособно и отличается простой конструкцией. Оно может использоваться для регулировки отдельно форсунок и в целом ТА.

Литература

1. Инсафудинов С.З. Совершенствование методики оценки неравномерности подачи топливных систем тракторных дизелей: дисс. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2005. 152 с.
2. Баширов Р.М., Сафин Ф.Р., Инсафудинов С.З. Совершенствование методики регулирования топливной аппаратуры тракторных дизелей // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2014. Вып. № 3 (31). С. 60–63.
3. Костенко Л.Н. Обоснование параметров и разработка устройства противодействия впрыску регулировочных стендов топливных систем дизелей: дисс. ... канд. техн. наук. Уфа, 2013. 140 с.
4. Баширов Р.М., Сафин Ф.Р., Инсафудинов С.З. и др. Разработка устройства противодействия впрыску для регулировочных стендов топливной аппаратуры дизелей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. Вып. № 5 (49). С. 87–89.
5. Баширов Р.М. Топливные системы автотракторных и комбайновых дизелей. Уфа: Башкирский ГАУ, 2004. 232 с.