



**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ  
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ  
ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Екатеринбург  
УГЛТУ  
2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный лесотехнический университет»  
(УГЛТУ)

Кафедра транспортных систем

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Методические указания для проведения лабораторных работ  
для обучающихся по направлениям подготовки  
«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»,  
«Наземные транспортно-технологические средства»,  
«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».  
Дисциплина – «Техническая эксплуатация автомобилей».  
Все формы обучения

Екатеринбург  
УГЛТУ  
2024

Печатается по рекомендации методической комиссии  
Инженерно-технического института УГЛТУ.

Протокол № 2 от 05 октября 2023 г.

Авторы: А. П. Пупышев, И. И. Катяев, В. С. Бакина, М. А. Крюкова,  
Д. О. Чернышев

Рецензент – доцент кафедры АДМТ УГЛТУ, канд. техн. наук *С. А. Чудинов*

Предназначены для всех обучающихся, осваивающих образовательные программы всех направлений и специальностей высшего образования, реализуемых в УГЛТУ.

Редактор Р. В. Сайгина  
Оператор компьютерной верстки О. А. Казанцева

---

Подписано в печать 02.04.2024

Плоская печать

Формат 60×84/16

Поз. 25

Заказ №

Печ. л. 1, 86

Тираж 10 экз.

---

Редакционно-издательский сектор РИО УГЛТУ  
Сектор оперативной полиграфии РИО УГЛТУ

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
1. Требования к оформлению ЛР .....	5
2. Диагностика ТНВД без снятия с машины .....	7
3. Проверка ТНВД на стенде ЕДС-7,5-8 .....	9
4. Регулировка ТНВД .....	21
5. Техническое обслуживание ТНВД .....	24
6. Техника безопасности .....	25
Лабораторная работа 1. Определение давления открытия нагнетательных клапанов, угла начала и продолжительности подачи топлива секциями топливного насоса высокого давления .....	26
Лабораторная работа 2. Определение величины подачи топливного насоса высокого давления .....	28
Лабораторная работа 3. Проверка всережимного регулятора ТНВД...	30
Лабораторная работа 4. Измерение угла работы муфты опережения угла впрыска топлива .....	31
Библиографический список .....	32

## ВВЕДЕНИЕ

Автомобиль – это сложная система, состоящая из отдельных деталей, узлов, агрегатов, систем управления. Топливная система, она же система питания, наряду с другими системами (охлаждения, тормозной, зажигания, смазки), является главной. Основным агрегатом данной системы является топливный насос высокого давления (ТНВД), требующий особого внимания к его работоспособному состоянию.

Топливный насос высокого давления, принимая горючее из бака от подкачивающего насоса (низкого давления), в требуемой последовательности поочередно нагнетает нужные порции дизельного топлива (ДТ) в индивидуальную магистраль гидромеханической форсунки каждого цилиндра. Такие форсунки открываются исключительно под воздействием высокого давления в топливной магистрали и закрываются при его снижении.

Существует два типа ТНВД: многоплунжерные и распределительного типа. Рядный ТНВД состоит из отдельных секций по числу цилиндров дизеля, каждая из которых имеет гильзу и входящий в нее плунжер, который приводится в движение кулачковым валом, получающим вращение от двигателя. Секции таких механизмов располагаются в один или в два ряда V-образно. Давление впрыска таких насосов зависит от оборотов коленчатого вала [1].

Распределительные ТНВД создают значительно более высокое давление впрыска топлива, чем рядные насосы, и обеспечивают выполнение действующих нормативов, регламентирующих токсичность выхлопа. Этот механизм поддерживает нужное давление в системе в зависимости от режима работы двигателя. В распределительных ТНВД система нагнетания имеет один плунжер-распределитель, совершающий поступательное движение для нагнетания топлива и вращательное для распределения топлива по форсункам.

В современных двигателях с системой Common Rail ТНВД выполняет только функцию повышения давления (2000...2500 бар), управление впрыском топлива возложено на электронный блок управления и форсунку.

Перед проведением лабораторной работы (ЛР) студент должен внимательно ознакомиться с данными методическими указаниями и инструкцией по технике безопасности (ТБ).

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- порядок проверки агрегата;
- таблицу с результатами проверки;
- заключение о годности или негодности насоса к дальнейшей эксплуатации (в случае непригодности дать рекомендации, посредством каких регулировок возможно устранение данной неисправности).

## 1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ (ЛР)

### 1.1. Общие требования

Лабораторная работа оформляется в соответствии с нормативными требованиями документов:

ГОСТ 2.105–95 (Общие требования к текстовым документам) и их актуальных редакций;

ГОСТ 7.05–2008 (Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления);

ГОСТ 7.0.100–2018 (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления).

Лабораторная работа выполняется на листах формата А4 (размер 210 × 297 мм) с размерами полей: верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм, правое – 15 мм, левое – 25 мм. Шрифт *Times New Roman*, 14 пт, через полтора интервала. Абзацы в тексте начинают отступом, равным 6 знакам или 1,25 см.

Текст работы следует печатать на одной стороне листа белой бумаги. Цвет шрифта должен быть черным.

Титульная страница каждой отдельной части лабораторной работы выполняется на отдельном листе без нумерации страниц. Нумерация страниц работы выполняется арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Порядковый номер страницы размещают в правом углу внизу страницы. Нумерация страниц начинается с титульного листа, номер страницы на титульном листе не ставится.

Заголовки основного раздела (содержание, введение, названия глав, заключение, список использованной литературы) располагаются в середине строки без точки в конце и пишутся прописными буквами, жирным шрифтом.

Заголовки подразделов и пунктов печатаются с прописной буквы полужирным шрифтом, с абзацного отступа, без подчеркивания и точки в конце.

Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Переносы в заголовках не допускаются. Расстояние между заголовками и текстом должны быть не менее двух интервалов.

Если раздел или подраздел имеют только один пункт, или пункт имеет один подпункт, то его нумеровать не надо. Текст работы должен быть выровнен по ширине листа.



$$V = \frac{S}{t} = \frac{60}{2} = 30 \text{ км/ч.}$$

## 1.4. Оформление списка используемой литературы

С целью соответствия требованиям ФГОС список используемой литературы должен включать в себя книги не старше 5 лет. Кроме того, в список используемой литературы необходимо включать ссылки на интернет-ресурсы и отраслевые журналы.

*Пример оформления списка используемой литературы*

1. Арутюнов, В. В. Основы современных коммуникаций: человек – группа – общество: учебное пособие для студентов ун-тов и вузов культуры и искусств и других учебных заведений / В. В. Арутюнов – Москва : МГУКИ, 2006. – 53 с. : ил. – Библиогр. : с. 47–49.

2. Дрекслер, Э. Машины создания / Эрик Дрекслер // Большая электронная библиотека : [сайт]. – URL: <http://www.big-library.info/?act=bookinfo&book=12999> (дата обращения: 05.10.2023).

## 2. ДИАГНОСТИКА ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ БЕЗ СНЯТИЯ С МАШИНЫ

Диагностирование ТНВД в процессе эксплуатации производится по следующим диагностическим параметрам [2]:

- продолжительность пуска двигателя;
- вибрации и шум при работе;
- угол опережения впрыска (УОВ) топлива;
- цикловая подача топлива;
- давление, развиваемое секциями ТНВД;
- дымность отработавших газов.

Диагностику работы необходимо начинать с проверки герметичности контура низкого давления. На топливном баке КамАЗ есть два выхода, это подача топлива и «обратка». К нагнетательной магистрали надо присоединить шланг подкачки воздуха от ресивера и подать давление в топливную систему низкого давления, а «обратку» заглушить. Утечки в соединениях покажут при повышении давления, где идет подсос воздуха.

### 2.1. Проверка угла опережения впрыска моментоскопом (УОВ):

- установить прибор на штуцер 5 секции ТНВД (рис. 1), предварительно сняв топливопровод высокого давления;
- установить поршень в ВМТ такта сжатия;



- медленно проворачивая коленчатый вал, заполняют стеклянную трубку 1 топливом примерно на половину длины;
- проворачивая коленчатый вал, определяют момент начала подачи топлива по началу подъема уровня топлива в трубке;
- по показаниям угломера определяется УОВ и сравнивается с ТУ для данного двигателя.

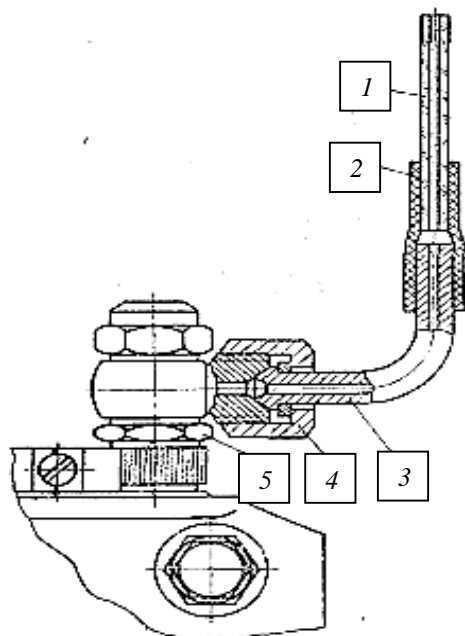


Рис. 1. Схема проверки УОВ моментоскопом КИ-4941:

- 1 – стеклянная трубка;
- 2 – соединительная трубка;
- 3 – трубка высокого давления;
- 4 – накидная гайка;
- 5 – штуцер ТНВД

Если разность УОВ у секций ТНВД различается  $\geq 4^\circ$ , то насос необходимо регулировать на стенде. Если разница  $\leq 4^\circ$ , то УОВ можно отрегулировать с помощью изменения длины толкателей плунжеров.

## 2.2. Проверка плунжерных пар и нагнетательных клапанов

Данная проверка проводится прибором КИ-4802 (рис. 2), который состоит из манометра 1, рукоятки с вмонтированным демпфером 2 и предохранительным клапаном 3, который отрегулирован на давление 30 МПа [3].

Приспособление соединяют топливопроводом высокого давления с секцией ТНВД, затем дизель прокручивают пусковым двигателем или стартером при включенном декомпрессоре, плавно увеличивая подачу топлива. Если плунжерная пара не развивает давления 30 МПа для двигателей с непосредственным впрыском топлива и 25 МПа для двигателей с разделенной камерой сгорания, то следует заменить плунжерные пары насоса.

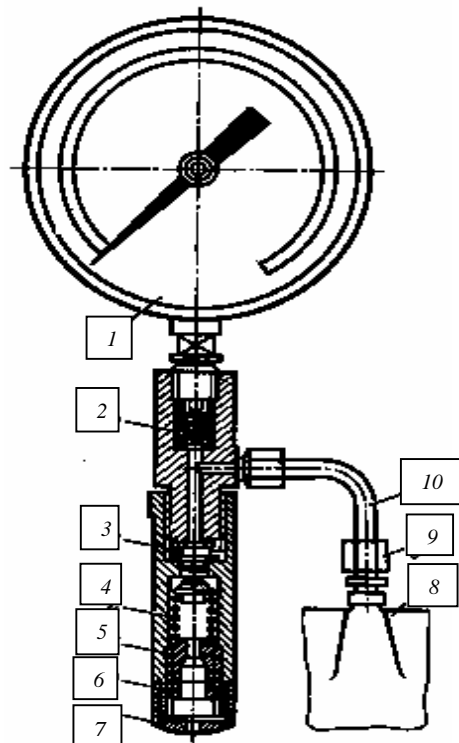


Рис. 2. Прибор КИ-4802:

- 1 – манометр;
- 2 – демпфер;
- 3 – клапан;
- 4 – пружина;
- 5 – регулировочная гайка;
- 6 – контргайка;
- 7 – колпак;
- 8 – ТНВД;
- 9 – накидная гайка;
- 10 – топливопровод

## 3. ПРОВЕРКА ТНВД НА СТЕНДЕ ЕДС-7,5-8

### 3.1. Устройство и принцип работы стенда

Стенд предназначен для диагностики и регулирования ТНВД с цикловой подачей до  $250 \text{ мм}^3$ , давлением впрыска до 120 МПа двигателей типа ЯМЗ-236, КамАЗ-740, ЗиЛ-0550, ГАЗ-5424, Д-260, СМД-62 [4] (табл. 1).

Стенд состоит из следующих конструктивных элементов (рис. 3): корпуса, привода, системы топливоподачи, электрооборудования, блока управления (БУ). Вращение от электродвигателя передается напрямую на выходной вал. Скорость вращения асинхронного двигателя регулируется преобразователем частоты (ПЧ).

Система топливоподачи стенда включает в себя стендовый насос, предохранительный клапан, дросселирующий вентиль, фильтр тонкой очистки, манометры, топливопроводы и штуцеры. Топливопроводы низкого давления изготовлены из прозрачной поливинилхлоридной трубки, что позволяет своевременно обнаружить наличие воздуха в топливной системе.

Корпус стенда представляет собой сварную раму, обшитую стальными листами. На раме установлена стальная плита 7, на направляющие которой устанавливаются кронштейны 8 с испытываемыми ТНВД. На передней крышке установлены: манометр 5 топливной системы с пределом измерения  $0 \dots 0,6 \text{ МПа}$ , манометр топливной системы 4 с пределом измерения  $0 \dots 4 \text{ Па}$  и соединительные штуцеры. На выходном валу

закреплена шкала с делениями от 0 до 360°, а также насажена полумуфта 6 для присоединения с кулачковым валом испытываемого ТНВД.

Количество впрыснутого топлива замеряют мензурками, закрепленными зажимами на поворотном мосту 9 и установленном в мерный блок 10. Блок мерный смонтирован между двумя боковинами, на которых сверху установлена панель с двенадцатью датчиками впрыска 11.

Таблица 1

Основные параметры и характеристики стенда ЕДС-7,5-8

Показатель и единица измерения	Норма
Число одновременно испытываемых насосных секций ТНВД, шт.	8
Диапазон воспроизведения: частота вращения приводного вала, мин <sup>-1</sup> ; отсчета числа оборотов, (циклов), об. (циклов)	80...3000 1...9999
Предел допускаемого отклонения: частота вращения приводного вала, %; отсчет числа оборотов (циклов), об. (циклов)	1 1
Угла начала нагнетания топлива	0,5
Угла впрыска топлива	0,5
Диапазон измерения: частота вращения приводного вала, мин <sup>-1</sup> ; числа оборотов (циклов), об. (циклов)	25...9999 1...9999
Объем топлива мерными емкостями, см <sup>3</sup> : первого ряда; второго ряда	5...150 1...45
Объем топливного бака, л	45
Питание от сети переменного тока: напряжение, В; частота, Гц	380 50
Установленная мощность привода ТНВД, кВт	15

На переднем наклонном листе рамы смонтированы органы управления работой стенда (рис. 4).

Топливо в систему топливоподачи стенда подается из топливного бака, расположенного в нижней части стенда и снабженного указателем уровня топлива и термометром для контроля температуры во время испытаний. Рядом с баком смонтирован стендовый насос высокого давления с электродвигателем и предохранительным клапаном. В бак стенда топливо заливается через верхний бак (под мензурки).

Система топливоподачи стенда включает в себя стендовый насос, предохранительный клапан, дросселирующий вентиль, фильтр тонкой

очистки, манометр с пределами измерения 0...4 МПа, топливопроводы высокого давления и выходной штуцер. Топливопроводы низкого давления изготовлены из прозрачной поливинилхлоридной трубки, что позволяет своевременно обнаружить воздух в системе низкого давления.

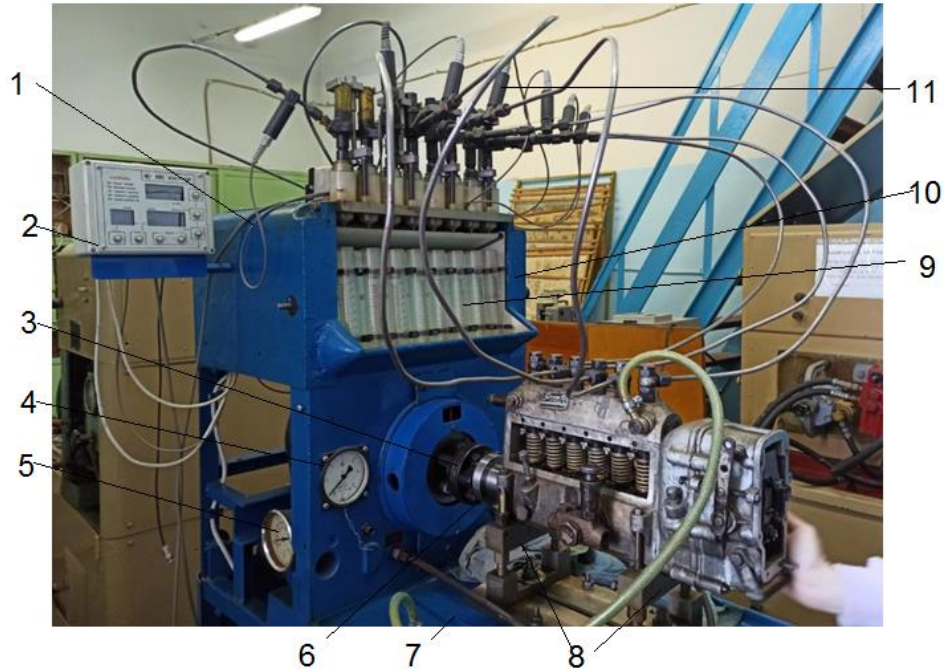


Рис. 3. Общий вид стенда ЕДС–7,5–8 для испытания топливной аппаратуры:  
 1 – корпус; 2 – блок управления; 3 – выходной вал; 4, 5 – манометры;  
 6 – полумуфта; 7 – плита; 8 – кронштейны; 9 – поворотный мост;  
 10 – блок мерный; 11 – датчики впрыска



Рис. 4. Панель управления стенда ЕДС–7,5–8:  
 1 – индикатор работы стенда; 2 – кнопка «НАЗАД» вращения вала;  
 3 – кнопка «ВПЕРЕД» вращения вала; 4 – кнопка «БОЛЬШЕ» частоты вращения вала;  
 5 – кнопка «МЕНЬШЕ» частоты вращения вала; 6 – кнопка «СТОП» вращения вала;  
 7 – предохранитель; 8 – кнопка «СТОП» насоса; 9 – индикатор работы насоса;  
 10 – кнопка «ПУСК» насоса; 12 – кнопка «ПУСК» ПЧ; 13 – индикатор работы ПЧ;  
 14 – кнопка «СТОП» ПЧ

## 3.2. Блок управления стенда БЭСТ–12М

Работой прибора управляет микроЭВМ, в память которой перед началом работы записываются настроечные параметры [5]. Технические характеристики прибора приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики БЭСТ–12М

Параметр и единица измерения	Диапазон измерения	Предел погрешности
Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>	30...3000	±1,5 мин <sup>-1</sup>
Фазовый угол между импульсами впрыскивания топлива (УОВ), град.	0,5...359,5	±0,15°
Изменение фазового угла, угла муфты, град.	От -30,0° до +30°	±0,15°
Число измеряемых циклов, циклы	1...9999	±1 цикл

### 3.2.1. Назначение БЭСТ–12М

Прибор служит для измерения и индикации в цифровой форме следующих параметров:

- частоты вращения вала ТНВД;
- УОВ топлива секциями насоса относительно базовой секции;
- отклонения УОВ топлива секциями насоса;
- угла разворота полумуфт автоматической муфты опережения впрыскивания топлива;
- технического состояния нагнетательных клапанов;
- отсчета заданного числа циклов впрыскивания при измерении средней цикловой подачи топлива.

### 3.2.2. Устройство прибора

Блок управления (рис. 5, 6) предназначен для обработки сигналов, поступающих от адаптера контактных датчиков и датчика угловой метки (ДУМ), вывода результатов измерения на цифровые индикаторы и управления работой адаптера и электромагнита стенда при измерении средней цикловой подачи топлива.

Блок управления состоит из ЭВМ, блока индикации, блока питания и кнопок управления. Блок выполнен в прямоугольном пластмассовом корпусе с кронштейном для установки на стенде. На передней панели расположены цифровые индикаторы и кнопки управления. На задней панели расположены разъемы для подключения соединительных кабелей и осциллографа, а также выключатель сетевого питания.



Рис. 5. Приборная панель блока управления стенда:

1 – цифровой индикатор «СЕКЦИЯ» для индикации номера проверяемой секции; 2 – кнопка «СЕКЦИЯ» для выбора номера проверяемой секции; 3 – индикатор работы датчика проверяемой секции; 4 – кнопка «МУФТА» для включения и выключения режима «Муфта»; 5 – индикатор режима «Муфта»; 6 – кнопки «ПОДАЧА 1» и «ПОДАЧА 2» для включения и выключения счетчиков числа циклов при измерении подачи топлива; 7 – цифровой индикатор об/мин для индикации частоты вращения вала насоса; 8 – кнопка «НАСТР» для включения режима настройки прибора; 9 – цифровой индикатор «ЦИКЛЫ-ГРАДУСЫ» для индикации угловых величин или числа циклов впрыскивания; 10 – кнопка «ОТКЛОН» для включения и выключения режима индикации отклонения угла проверяемой секции от номинального значения; 11 – индикатор режима «Отклонение»; 12 – индикатор режима «Память»; 13 – кнопка «ПАМЯТЬ» для включения и выключения режима запоминания результатов измерения и последующего их воспроизведения

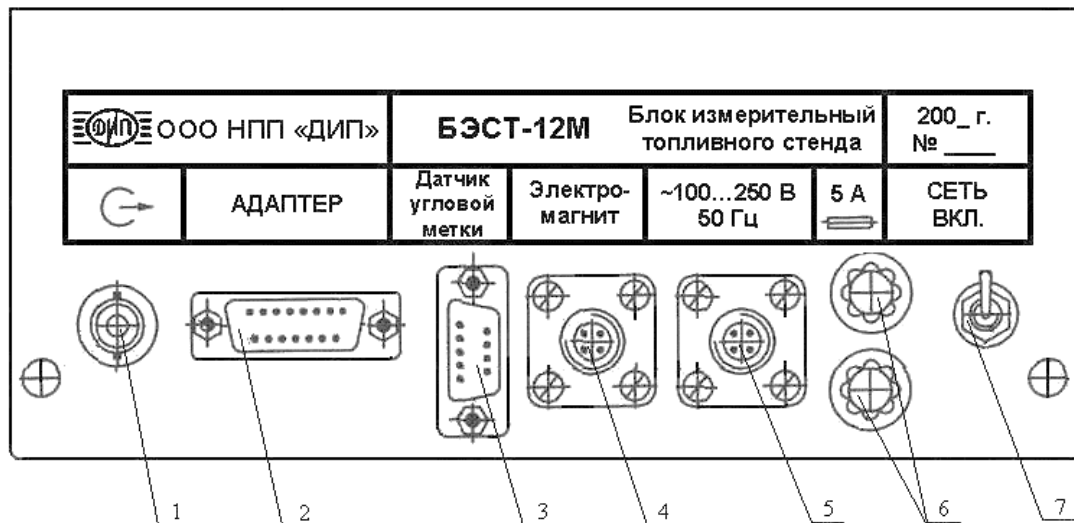


Рис. 6. Панель задняя блока управления БЭСТ–12М:

1 – разъем для подключения осциллографа; 2 – разъем для подключения адаптера; 3 – разъем для подключения датчика угловой метки; 4 – разъем для подключения ЭМ топливного стенда; 5 – разъем для подключения сетевого питания; 6 – предохранители; 7 – выключатель сетевого питания

Адаптер контактных датчиков предназначен для формирования импульсов базовой и проверяемой секций. Он содержит два идентичных канала: базовой и проверяемой секции. Каждый из каналов состоит из коммутатора и формирователя импульсов (ФИ).

ДУМ предназначен для формирования импульса угловой метки. Он состоит из разъемного диска с флажком и датчика Холла, закрепленного на специальном кронштейне с разъемом для подключения к БУ. При вращении вала флажок разъемного диска проходит в зазоре датчика Холла и вызывает образование выходного сигнала.

Перед началом работы необходимо ввести в память БУ число секций испытываемого насоса (Н1), номер базовой секции (Н2), количество циклов подачи (Н3, Н4), длину трубок высокого давления (Н5).

Номера базовой и проверяемой секций, задаваемые оператором при помощи кнопок прибора, формируются в БУ и поступают в адаптер. Коммутаторы адаптера в соответствии с поступившими номерами подключают к формирователям импульсов (ФИ1, ФИ2) выбранные датчики начала впрыскивания (ДВ1...ДВ8). ФИ подавляют дребезг контактов датчиков и вырабатывают короткие импульсы, соответствующие моментам срабатывания датчиков.

Выходные сигналы адаптера поступают на 2-й и 3-й входы БУ (вх. 2, вх. 3). ДУМ вырабатывает за один оборот вала насоса один импульс, который поступает на первый вход БУ (вх. 1). В зависимости от режимов работы на индикаторах отображаются измеренные и обработанные в БУ значения. Структурная схема прибора приведена на рис. 7.

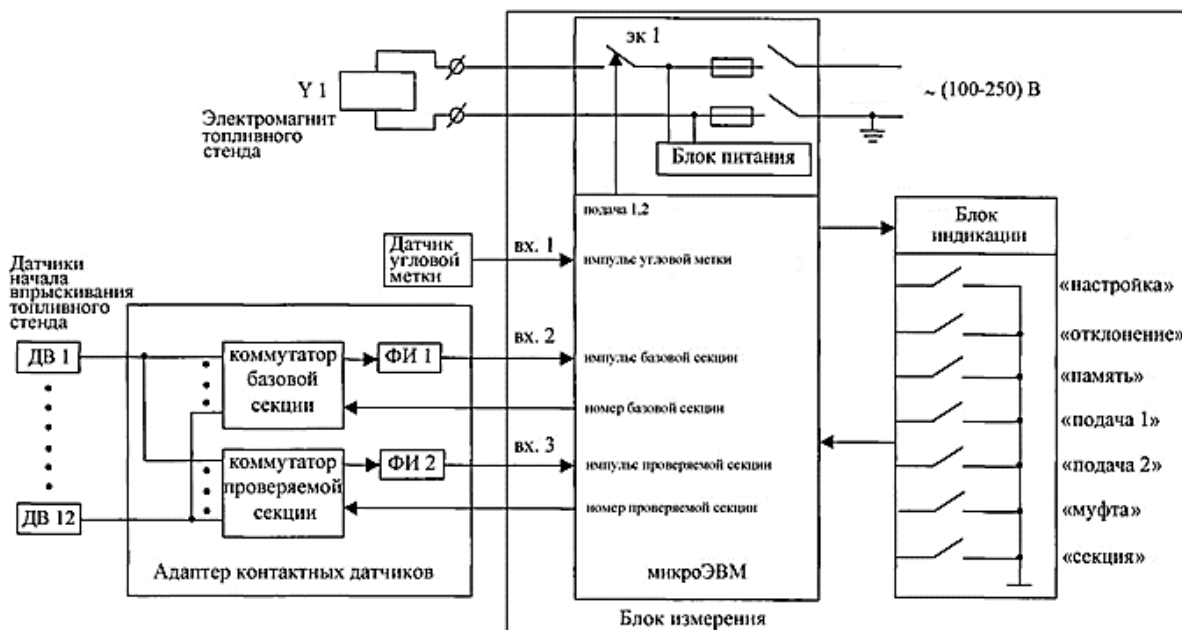


Рис. 7. Структурная схема блока управления БЭСТ-12М



### 3.2.3. Настройка компенсации длины трубки высокого давления

1. Измерить длину трубки высокого давления и в режиме настройки установить значение параметра «Н5», равное ее геометрической длине в см.
2. установить минимальную частоту вращения 200...250 мин<sup>-1</sup>.
3. Нажать кнопку «МУФТА», на индикаторе «ЦИКЛЫ-ГРАДУСЫ» отображается некоторый угол (для исключения взаимного совпадения импульсов кнопкой «СЕКЦИЯ» выбрать секцию, для которой величина угла будет в диапазоне от 90 до 270°.
4. Нажать кнопку «ОТКЛОН» (показания индикатора должны стать равными «0,0»).
5. Увеличить частоту вращения вала станда до номинальной для данного насоса, если показания угла будут отличаться от «0,0», необходимо произвести коррекцию длины трубки (при положительном значении угла длину трубки необходимо увеличивать, а при отрицательном уменьшать, изменять длину следует на 5...10 см).
6. Для изменения длины трубки необходимо выключить режим «Муфта» повторным нажатием на кнопку «МУФТА» и установить параметр настройки «Н5», равным измененной длине трубки.
7. Нажать кнопку «ПАМЯТЬ» для запоминания и перехода в режим измерения угла.
8. Установить ту же минимальную частоту вращения, нажать кнопку «МУФТА» и повторить операции, добиваясь того, что угол муфты будет оставаться равным «0,0» независимо от частоты вращения (установленная длина будет сохраняться для данного комплекта трубок для любого насоса).

### 3.2.4. Режимы работы БЭСТ–12М

Временные диаграммы, поясняющие работу блока управления, приведены на рис. 8 для случая 4-секционного насоса с порядком работы секций 1-3-4-2 (базовая секция №1).

#### 3.2.4.1. Режим измерения частоты вращения вала ТНВД

Блок управления производит измерение периода следования импульсов угловой метки и вычисляет частоту вращения вала по формуле

$$n = \frac{60}{T_{об}}, \quad (1)$$

где  $n$  – частота вращения вала ТНВД, мин<sup>-1</sup>;

$T_{об}$  – период повторения импульсов угловой метки, с.



Значение частоты вращения вала отображается на индикаторе прибора «ОБ/МИН».

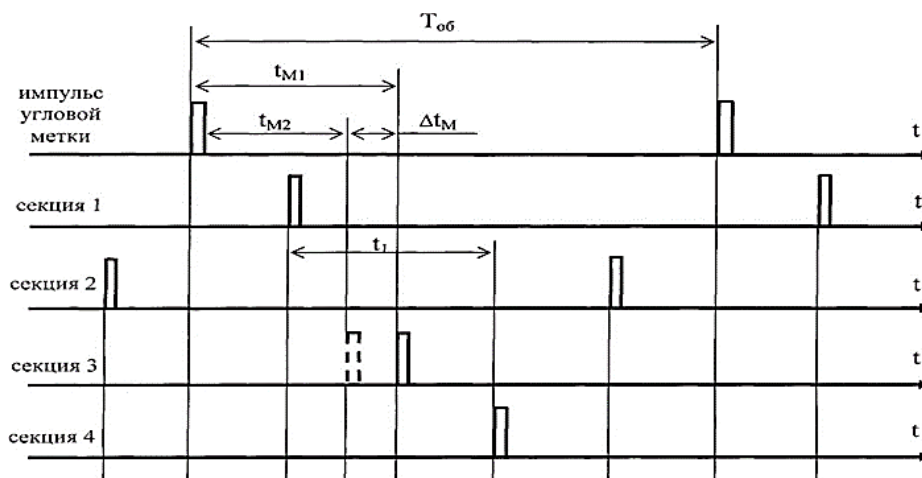


Рис. 8. Временные диаграммы работы блока управления:  
 $T_{об}$  – период повторения импульсов угловой метки, с;  $t_1$  – время задержки импульса проверяемой секции относительно импульса базовой, с;  $t_{М1}$  – время задержки, с;  
 $T_{об1}$  – период повторения импульсов угловой метки при  $\min$  значении частоты вращения, с

### 3.2.4.2. Режим измерения УОВ топлива

Для измерения УОВ проверяемой секции (секции 4), град, (рис. 8) относительно базовой (секции 1) производится измерение интервала времени  $t_1$ , а затем вычисляется величина УОВ по формуле

$$\varphi = \frac{t_1}{T_{об}}, \quad (2)$$

где  $t_1$  – время задержки импульса проверяемой секции относительно импульса базовой секции, с.

Величина УОВ топлива отображается на индикаторе «ЦИКЛЫ-ГРАДУСЫ».

### 3.2.4.3. Режим «Отклонение»

Данный режим предусмотрен для определения отклонения УОВ проверяемой секции от номинального (паспортного) значения. В этом режиме из измеренного УОВ вычитается номинальное для этой секции значение.

Величина разности (отклонение) отображается на индикаторе «ЦИКЛЫ-ГРАДУСЫ» после нажатия кнопки «ОТКЛОН» при измерениях по пункту 2.2.4.2.

Отрицательные значения отклонений указывают, что впрыскивание топлива происходит раньше, а положительные – позже необходимого момента.

### 3.2.4.4. Режим «Муфта»

Данный режим предназначен для измерения угла разворота полумуфт, автоматической муфты опережения впрыскивания топлива (угла муфты). Измерение угла муфты производится путем измерения фазового угла между импульсом угловой метки, жестко связанной с положением приводного вала стенда, и импульсом впрыскивания секции насоса. При изменении частоты вращения за счет работы муфты изменяется их взаимное угловое положение, что и измеряется прибором.

В этом режиме БУ рассчитывает величину угла муфты, используя измеренные значения времени задержки импульса выбранной оператором секции от импульса угловой метки при  $\min$  значении частоты вращения, когда полумуфты еще не начали разворачиваться ( $t_{M1}$ ), рис. 8, и при максимальном значении частоты вращения, когда полумуфты полностью развернуты ( $t_{M2}$ ).

Начальный угол муфты, град, определяется по формуле

$$\varphi_{нач} = \frac{t_{M1}}{T_{об1}} \cdot 360, \quad (3)$$

где  $t_{M1}$  – время задержки, с;

$T_{об1}$  – период повторения импульсов угловой метки при  $\min$  значении частоты вращения, с.

Конечный угол муфты определяется по формуле

$$\varphi_{конечн} = \frac{t_{M2}}{T_{об2}} \cdot 360, \quad (4)$$

где  $t_{M2}$  – время задержки, с;

$T_{об2}$  – период повторения импульсов угловой метки при  $\max$  значении частоты вращения, с.

Угол работы муфты определяется по формуле

$$\varphi_M = \varphi_{нач} - \varphi_{конечн}. \quad (5)$$

Для упрощения определения угла  $\varphi_M$  при измерении  $\varphi_{нач}$  включают режим «Отклонение». В этом режиме производится запоминание и автоматическое вычитание угла  $\varphi_{нач}$ .

### *3.2.4.5. Режим компенсации длины топливопровода*

Предусмотрен для исключения влияния времени распространения волны давления ДТ от штуцера насоса до ДНВ при измерении угла муфты, т. е. для компенсации длины трубопровода. Компенсация производится вычитанием из времени  $t_M$ , измеренного в п. 3.4., времени распространения волны давления, которое задается установкой длины трубки в настроечном параметре Н5.

### *3.2.4.6. Режим измерения средней цикловой подачи ДТ (числа циклов)*

При измерении средней цикловой подачи топлива БУ при нажатии кнопок «ПОДАЧА 1» или «ПОДАЧА 2» формируется сигнал (подача 1, 2), который синхронно с импульсом угловой метки электронным ключом ЭК1 производит включение ЭМ заслонки топлива (У1) и выключение его по прохождении заданного в настроечных параметрах «Н3» или «Н4» соответственно числа циклов впрыскивания топлива (оборотов вала насоса).

### *3.2.4.7. Режим «Память»*

Прибор позволяет запомнить результаты измерения частоты вращения вала, УОВ топлива для каждой секции и их отклонения от номинальных значений для последующего использования при регулировке насоса.

## **3.2.3. Использование БУ при работе на стенде**

### *3.2.3.1. Включение прибора:*

- установить на стенд топливный насос;
- включить главный выключатель стенда;
- включить тумблер «СЕТЬ» прибора, при этом должны засветиться цифровые индикаторы прибора.

### *3.2.3.2. Настройка прибора:*

- нажать кнопку «НАСТР», на индикаторе «ОБ/МИН» появляется символ «Н1»;
- кнопкой «+» в регистре «Н1» устанавливается количество секций испытываемого насоса (1...8);
- повторным нажатием на кнопку «НАСТР» перейти к регистру «Н2», где указывается номер базовой секции насоса (выбор секции производится кнопкой «+»);

- в регистре «Н3» устанавливается количество циклов впрыскивания при измерении пусковой подачи топлива, установка цифры в мигающем разряде производится кнопкой «+», а сдвиг мигающего разряда кнопкой «→» (знак красного цвета);

- в регистре «Н4» аналогично устанавливается количество циклов при измерении номинальной подачи топлива;

- в регистре «Н5» указывается длина топливных трубок высокого давления, используемых на стенде (необходимо для точного измерения угла работы автоматической муфты и не влияет на измерения УОВ секций);

- после проведения настроек для их запоминания и перехода в режим измерений необходимо нажать кнопку «ПАМЯТЬ».

### 3.2.3.3. Измерение частоты вращения вала

Включить вращение вала стенда. Индикатор «ОБ/МИН» показывает частоту вращения вала. Канал измерения частоты вращения вала не имеет органов управления и работает независимо от режимов работы канала угла.

### 3.2.3.4. Измерение УОВ топлива секциями насоса:

- установить частоту вращения вала, близкую к номинальной для данного ТНВД (в этом режиме влияние гидроплотности плунжерных пар на УОВ минимально: КамАЗ-740 –  $1100 \pm 10$  мин<sup>-1</sup>, ЯМЗ-236 –  $950 \pm 10$  мин<sup>-1</sup>), на индикаторе «ЦИКЛЫ-ГРАДУСЫ» индицируется УОВ топлива проверяемой секции;

- выбор проверяемой секции осуществляется кнопкой «СЕКЦИЯ»;

- для определения величины и знака отклонения измеренного УОВ от номинальной (паспортной) нажать кнопку «ОТКЛОН» (в правом верхнем углу окна «ЦИКЛЫ-ГРАДУСЫ» включается светодиод, а индикатор показывает отклонение УОВ проверяемой секции от номинального значения);

- если величина отклонения превышает  $\pm 0,5^\circ$ , необходимо произвести регулировку высоты толкателей секции насоса (отрицательное отклонение указывает на более раннее впрыскивание и требует уменьшения высоты толкателя, положительное отклонение требует увеличения высоты толкателя плунжера ТНВД);

- выключение режима «Отклонение» производится повторным нажатием на кнопку «ОТКЛОН».

При понижении частоты вращения УОВ топлива могут несколько изменяться из-за увеличения влияния гидроплотности. Значительные (более  $1^\circ$ ) изменения указывают на сильный износ плунжерных пар.

В правом нижнем углу индикатора «СЕКЦИЯ» имеется индикатор «Д» работы датчика проверяемой секции. При правильной работе датчика индикатор вспыхивает при каждом впрыскивании топлива этой секцией. При неисправности датчика вспышки индикатора происходят не синхронно с работой секции или отсутствуют вовсе.

### 3.2.3.5. Запоминание результатов измерений

Для запоминания в **ручном** режиме необходимо:

- кратковременно нажать кнопку «ПАМЯТЬ»;
- выбрать секцию кнопкой «СЕКЦИЯ»;
- после паузы 2...3 с, необходимой для окончания переходного процесса, нажать кнопку «ПАМЯТЬ»;
- повторить перечисленные выше операции для всех секций насоса.

При этом происходит запоминание частоты вращения, УОВ и отклонения УОВ от номинального значения для каждой секции насоса.

Для запоминания в **автоматическом** режиме необходимо:

- нажать и удерживать (2...3 секунды) кнопку «ПАМЯТЬ» до начала мигания индикатора;
- после этого прибор будет автоматически переключать секции и после задержки производить запись, что подтверждается включениями индикатора «ПАМЯТЬ»;
- после записи параметров всех секций автоматический режим отключается.

**Воспроизведение из памяти значений:**

- выключить вращение вала стенда;
- после обнуления индикаторов прибора нажать кнопку «ПАМЯТЬ», при этом включается индикатор «ПАМЯТЬ», а на индикаторах «ОБ/МИН» и «ГРАДУСЫ» отображаются запомненные значения частоты вращения и УОВ топлива или отклонения его от номинального значения;
- просмотр значений по секциям производится кнопкой «СЕКЦИЯ»;
- выбор индикации углов или отклонений производится кнопкой «ОТКЛОН».

## 3.3. Установка насоса на стенд

- установить ТНВД на кронштейны 8 (см. рис. 3);
- соединить кулачковый вал насоса с валом привода стенда 3 через полумуфту 6;
- присоединить топливопроводы к штуцерам секций ТНВД;
- присоединить топливопроводы низкого давления к штуцерам насоса с помощью накидных гаек;

– отвернуть болты и снять крышку насоса для доступа и производства регулировочных работ (форсунки должны быть отрегулированы на нормальное давление начала впрыска для типа двигателя испытуемого ТНВД – 28 МПа для ЯМЗ-236);

– заполнить топливный бак ДТ с вязкостью 4...6 Ст и температурой вспышки не ниже 45 °С;

– перед каждым испытанием необходимо удалить воздух из гидросистемы испытательного стенда и из испытываемого насоса.

### 3.4. Включение стенда

- включить тумблер электропитания на задней панели стенда;
- включить топливоподкачивающий насос кнопкой «НАСОС»;
- включить кнопкой «ВКЛ. ПЧ» преобразователь частоты;
- переключателем «РЕВЕРС» выбрать нужное направление вращения;
- включить привод стенда с помощью кнопки «ПУСК»;
- установить необходимую частоту вращения вала стенда кнопками «БОЛЬШЕ», «МЕНЬШЕ» (частота вращения контролируется по показаниям БУ). Остановку вращения стенда осуществлять только с помощью кнопки «СТОП».

### 3.5. Запись настроечных параметров

Перед началом работы необходимо ввести в память БУ следующие параметры:

Н1 – число секций испытываемого насоса;

Н2 – номер базовой секции насоса;

Н3 – подача 1, циклов;

Н4 – подача 2, циклов;

Н5 – длина трубок высокого давления, см.

**При нарушениях в работе блока управления** необходимо нажать и отпустить совместно кнопки **8** и **10** «НАСТР» и «ОТКЛОН» (рис. 5). При этом происходит сброс параметров и возобновление работы прибора.

## 4. РЕГУЛИРОВКА ТНВД

### 4.1. Регулировка цикловой подачи

Регулировка каждой секции осуществляется поворотом плунжера относительно рейки ТНВД.

Для этого необходимо [3]:

- снять технологическую крышку ТНВД;
- ослабить стяжной винт 1 (рис. 9) зубчатого сектора 2;

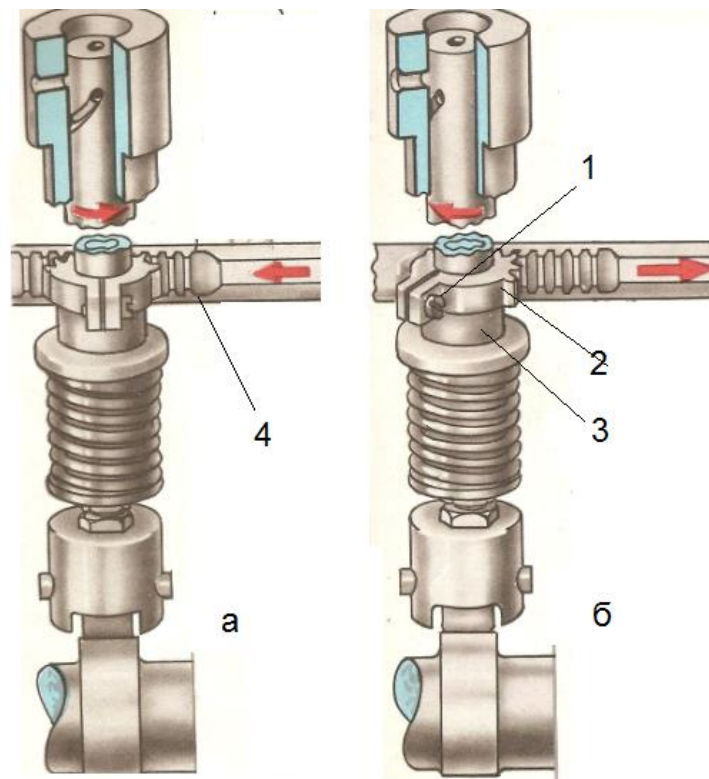


Рис. 9. Регулировка цикловой подачи ТНВД:

а – увеличение; б – уменьшение подачи ДТ;

1 – стяжной винт; 2 – зубчатый сектор; 3 – плунжер; 4 – топливная рейка

- для уменьшения подачи повернуть плунжер 3 влево относительно сектора;
- для увеличения подачи повернуть плунжер вправо;
- затянуть стяжной винт;
- проверить ТНВД на производительность;
- если производительность всех секций насоса одинакова, но не соответствует ТУ, то необходимо изменить положение рейки подачи регулировочным винтом всережимного регулятора.

## 4.2. Регулировка УОВ топлива

Для двигателя КамАЗ-740 восьмая секция начинает подавать топливо за  $42...43^\circ$  до оси симметрии профиля кулачка. Начало подачи топлива регулируется подбором пяты толкателя 3 (рис. 10) нужной толщины. Изме-

нение ее толщины на 0,1 мм изменяет УОВ на 0,4°. Изготавливаются пяты толщиной от 3,6 до 4,5 мм через 0,05 мм.

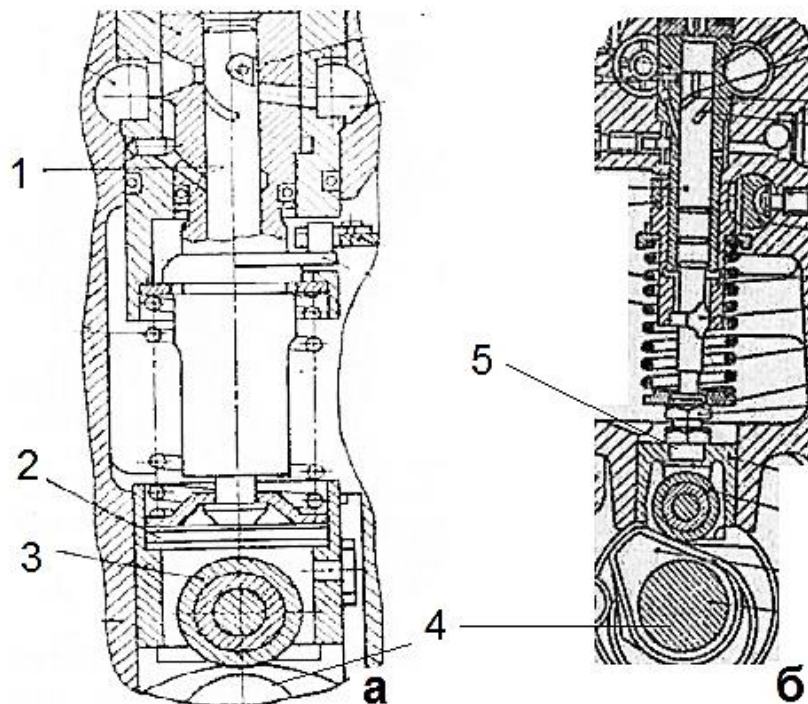


Рис. 10. Секция ТНВД:

а – КамАЗ; б – ЯМЗ; 1 – плунжер; 2 – пята толкателя;  
3 – ролик; 4 – кулачковый вал; 5 – регулировочный болт

Для ТНВД двигателя ЯМЗ-236 начало подачи топлива первой секцией должно происходить за 38...39° до оси симметрии при вращении вала по часовой стрелке. Регулировка начала подачи топлива выполняется регулировочными болтами 5 толкателей насоса. При вывертывании болта топливо будет подаваться раньше, при заворачивании позже.

Один оборот болта толкателя изменяет УОВ на 4...5°. Каждый раз при выкручивании болта толкателя проворачивают вал вручную, чтобы убедиться, не упирается ли плунжер в гнездо нагнетательного клапана.

### 4.3. Требования к регулировке ТНВД

- при проведении регулировок измерения необходимо проводить на одном и том же скоростном режиме;
- для уменьшения вариаций показаний УОВ необходимо применять безлюфтовую стыковку валов станда и насоса;
- для правильного определения отклонения углов от номинальных значений установленное в приборе число секций насоса должно соответ-



ствовать числу секций проверяемого насоса;

– длина трубок высокого давления на всех секциях насоса должна быть одинакова.

## 5. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТНВД

### 5.1. Проверка уровня масла в ТНВД

Проверка уровня масла в корпусе ТНВД и регулятора производится при каждом ТО-1. При необходимости доливают моторное масло до уровня контрольного отверстия 5 (рис. 11). Полная замена масла производится одновременно с заменой моторного масла в картере основного двигателя (при каждом ТО-2). Слив отработанного масла производят через сливное отверстие 4 в корпусе регулятора 6.

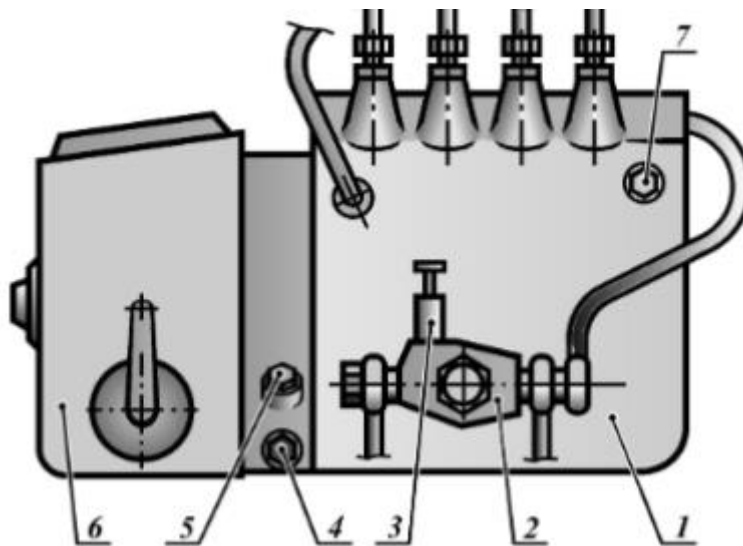


Рис. 11. Схема ТНВД:

- 1 – корпус; 2 – топливоподкачивающий насос; 3 – насос ручной подкачки;  
4 – отверстие слива масла; 5 – контрольное отверстие уровня масла;  
6 – регулятор; 7 – пробка для выпуска воздуха из топливной системы

### 5.2. Удаление воздуха из системы топливоподачи

Пузырьки воздуха в топливе могут ухудшать работу ТНВД или даже делают ее невозможной. В связи с этим устройства, которые устанавливаются впервые или временно отключаются, должны быть избавлены от воздуха.

Если топливоподкачивающий насос снабжен ручным насосом, то он используется для заполнения магистрали, топливного фильтра и ТНВД топливом. При этом винт для вентиляции 7 (см. рис. 11) на ТНВД должен остаться открытым до тех пор, пока выходящее топливо не будет содержать пузырьков.

## 6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

К работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности при проведении лабораторных занятий и твердо усвоившие требования настоящей инструкции. Производство работ должно быть только с разрешения заведующего лабораторией или лица, замещающего его. Студент, допущенный к работе по проверке топливной аппаратуры дизельных двигателей, несет ответственность за безопасную работу и должен выполнять следующие требования:

- убедиться в исправности оборудования и заземления;
- изменять направление вращения вала привода до полной его остановки;
- оставлять в отверстиях деталей приводного вала посторонние предметы;
- перед проведением испытаний топливного насоса все ручки управления стендом должны находиться в нейтральном положении;
- запрещается включать стенд, если сняты облицовочные панели;
- рабочее место должно быть хорошо освещено и иметь удобные подходы к стенду;
- запрещается пользоваться открытым огнем в лаборатории;
- нельзя эксплуатировать стенд с ДТ, имеющим температуру вспышки менее 45 °С;
- после проведения лабораторных работ прибрать рабочее место.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

### **Определение давления открытия нагнетательных клапанов, угла начала и продолжительности подачи топлива секциями топливного насоса высокого давления**

**Цель работы** – изучить устройство, принцип работы топливного насоса высокого давления (ТНВД) и стенда ЕДС–7,5–8 для испытания топливной аппаратуры, определить давление открытия нагнетательных клапанов, угол начала и продолжительности подачи топлива секциями ТНВД.

Техническое состояние нагнетательных клапанов характеризуется величиной зазора между пояском и поверхностью отверстия седла клапана и герметичностью клапана по запирающему конусу.

У нагнетательного клапана изнашивается поверхность разгрузочного пояса и конуса. Диаметр разгрузочного пояса клапана уменьшается, а на конусе образуется кольцевая выработка. Увеличение диаметрального зазора по разгрузочному пояску приводит к увеличению неравномерности подачи дизельного топлива (ДТ) в цилиндры. При неплотном прилегании клапана к седлу ДТ при движении плунжера вниз перетекает из топливопровода в насосную секцию и вызывает падение давления в нагнетательном топливопроводе ниже нормативного значения. При этом часть хода плунжера, затрачиваемая на сжатие ДТ, увеличивается, а ход действительного нагнетания уменьшается. В результате ДТ впрыскивается в цилиндры позднее (уменьшается угол опережения впрыска (УОВ)), количество подаваемого топлива уменьшается и двигатель работает с перебоями [1].

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

- установить ТНВД на стенд ЕДС–7,5–8;
- к штуцерам секций насоса с помощью накидных гаек присоединить топливопроводы низкого давления (другими концами эти топливопроводы опустить в мерный блок);
- заблокировать на ТНВД перепускной клапан (обеспечить невозможность его срабатывания);
- рычаг управления регулятором установить в выключенное положение подачи топлива;
- включить стенд в сеть;
- вращением рукоятки 2 вентиля (рис. 12) поднять давление в головке ТНВД до появления течи из трубок в мерный блок (давление, при котором начинает вытекать топливо в одной из трубок, соответствует давлению открытия нагнетательного клапана);

- поворачивая соединительную муфту ТНВД в соответствии с направлением ее вращения, определить давление открытия остальных клапанов;
- сравнить давление с нормативным (0,7...0,13 МПа);
- момент появления ДТ из трубки принять за начало отчета;
- определить угол начала и конца вытекания ДТ из трубки по градуированному диску (угол начала подачи топлива – это угол между осью профиля кулачка вала насоса и осью плунжера в момент перекрытия торцом плунжера впускного отверстия втулки плунжера);
- сравнить угол с ТУ для данного ТНВД;
- разблокировать перепускной клапан.
- оформить отчет по выполненной лабораторной работе.

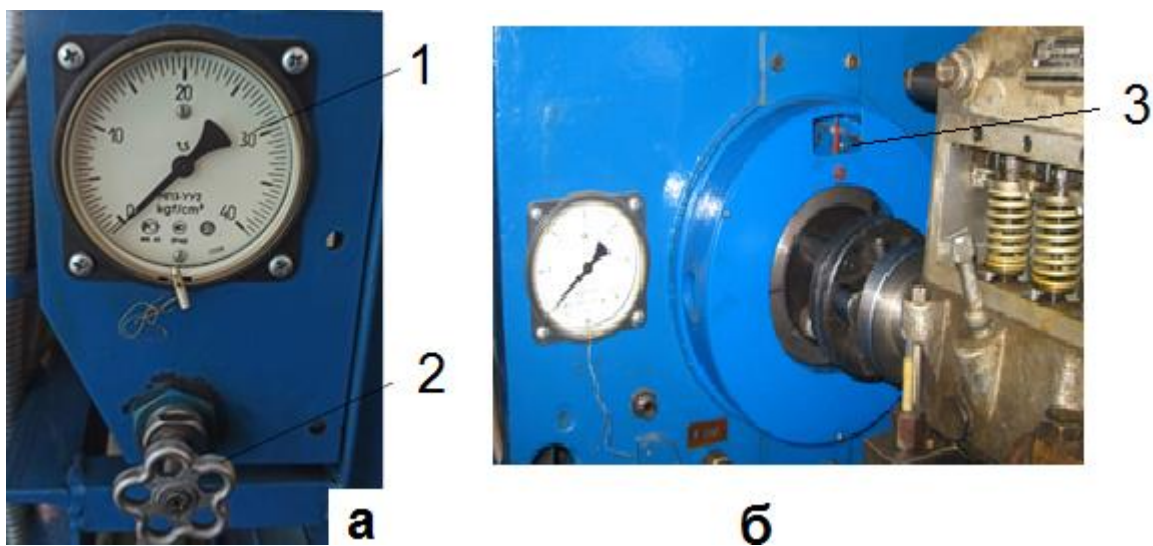


Рис. 12. Регулировка давления:  
*а* – вентиль регулировки давления; *1* – манометр *2* – рукоятка;  
*б* – градуировочный диск, *3* – диск

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

### Определение величины подачи топливного насоса высокого давления

**Цель работы** – изучить устройство, принцип работы топливного насоса высокого давления (ТНВД) и стенда ЕДС–7,5–8 для испытания топливной аппаратуры, определить величины подачи топливного насоса высокого давления.

### Порядок выполнения лабораторной работы

– включить привод вала стенда и по показаниям блока управления (БУ) установить номинальную частоту вращения вала насоса.:

КамАЗ-740: номинальная –  $1100 \pm 10$  мин<sup>-1</sup>, максимального крутящего момента –  $700 \pm 10$  мин<sup>-1</sup>, минимального холостого хода –  $300 \pm 10$  мин<sup>-1</sup>;

ЯМЗ: номинальная –  $950 \pm 10$  мин<sup>-1</sup>, максимального крутящего момента –  $600 \pm 10$  мин<sup>-1</sup>, минимального холостого хода –  $300 \pm 10$  мин<sup>-1</sup> (температура топлива в момент контрольных замеров должна составлять 18...22 °С);

– удалить из системы низкого давления пузырьки воздуха;

– установить рычаг регулятора на максимальную подачу топлива и закрепить его при помощи специальной тяги;

– включить счетчик циклов кнопкой «ПОДАЧА 1» или «ПОДАЧА 2» (на индикаторе «ЦИКЛЫ-ГРАДУСЫ» высвечивается количество циклов, за которое будет происходить измерение подачи топлива).

**Примечание.** При необходимости можно перейти к другому (относительно выбранного) счетчику циклов нажатием другой кнопки «ПОДАЧА».

Включение измерения подачи производится повторным нажатием кнопки «ПОДАЧА» выбранного счетчика. Досрочную остановку можно произвести еще одним нажатием на кнопку «ПОДАЧА».

Для возврата в режим измерения УОВ после окончания измерения подачи необходимо нажать кнопку «СЕКЦИЯ».

После окончания теста определить:

– объем топлива в мензурках (результаты занести в таблицу, оформленную по форме табл. 3);

– повернуть рукоятку на боковой стенке и вылить топливо из мензурок, выдержав мензурки в перевернутом положении не менее 30 с;

– рассчитать неравномерность подачи топлива секциями насоса по формуле (6) и сравнить значение с ТУ;

– оформить отчет по выполненной лабораторной работе.

Таблица 3

## Результаты проверки ТНВД

№ секции	Момент начала подачи ДТ секциями насоса, град	Цикловая подача ДТ, см <sup>3</sup>	Производительность насоса, см <sup>3</sup>		Заключение
			Холостой ход	Номинальный режим	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Рассчитать коэффициент неравномерности подачи  $\delta_n$ :

$$\delta_n = 2 \cdot \left[ \frac{V_u^{\max} - V_u^{\min}}{V_u^{\max} + V_u^{\min}} \right] \cdot 100 \%, \quad (6)$$

где  $\delta_n$  – неравномерность подачи топлива;

$V_u^{\min}$ ,  $V_u^{\max}$  – min и max цикловая подача секции насоса, см<sup>3</sup>.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

### Проверка всережимного регулятора ТНВД

**Цель работы** – изучить устройство, принцип работы топливного насоса высокого давления (ТНВД) и стенда ЕДС–7,5–8 для испытания топливной аппаратуры, произвести проверку всережимного регулятора ТНВД.

### Порядок выполнения лабораторной работы

- установить рычаг на номинальную частоту вращения кулачкового вала насоса (по паспорту);
- перевести наружный рычаг управления регулятора до упора в болт максимальной подачи;
- удалить воздух из топливной системы низкого давления (закрывать продувочный вентиль в момент появления сплошной струи топлива без наличия в ней пузырьков воздуха);
- кнопкой «БОЛЬШЕ» и «МЕНЬШЕ» на передней панели стенда постепенно сначала увеличивать, а затем уменьшать на 15...25 мин<sup>-1</sup> относительно номинального значения частоту кулачкового вала, наблюдая при этом за действием рейки, и установить начало действия регулятора;
- увеличить частоту вращения вала ТНВД на 100...110 мин<sup>-1</sup> от номинальной;
- подача топлива насосом должна быть полностью прекращена (указанное увеличение частоты вращения должно вызвать начало отхода рейки в сторону уменьшения подачи топлива);
- выключить стенд;
- оформить отчет по выполненной лабораторной работе.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

### Измерение угла работы муфты опережения угла впрыска топлива

**Цель работы** – изучить устройство, принцип работы топливного насоса высокого давления (ТНВД) и стенда ЕДС–7,5–8 для испытания топливной аппаратуры, произвести измерение угла работы муфты опережения угла впрыска топлива.

#### Порядок выполнения лабораторной работы

- установить на стенд ТНВД с автоматической муфтой;
- на минимальной частоте вращения  $200...250 \text{ мин}^{-1}$  включить режим «Муфта»,
  - установить секцию, для которой величина угла составляет от  $90$  до  $270^\circ$ , нажать кнопку «ОТКЛОН»;
  - увеличивая частоту вращения вала наблюдать за показаниями индикатора угла (для достоверности измерений отсчет угла производить после того, как частота вращения остается неизменной в течение  $2...3$  с);
  - выключить стенд;
  - оформить отчет по выполненной лабораторной работе.

При правильной работе муфты угол разворота полумуфт должен соответствовать ее характеристике.

Угол разворота регулируют изменением толщины прокладок под пружинами. Увеличение толщины прокладок на  $0,3$  мм уменьшает угол разворота примерно на  $0,2^\circ$  при  $900 \text{ мин}^{-1}$ .



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гладов Г. И., Петренко А. М. Устройство автомобилей : учебник. 4-е изд., стер. М. : Академия, 2020. 350 с.
2. Техническая эксплуатация автомобилей : учебник для вузов ; под ред. Е. В. Кузнецова. М. : Транспорт, 2015. 488 с.
3. Афонин С. Топливная система дизельных двигателей: Рядные ТНВД: Распредел. ТНВД: Устройство, принцип действия, регулировки, ремонт : практическое руководство. Батайск : ПОНЧиК, 2000. 136 с.
4. Стенд испытания дизельной топливной аппаратуры ЕДС-7,5-8 : техническое описание и инструкция по эксплуатации. Новосибирск, 2019. 25 с.
5. БЭСТ-12М. Блок измерительный топливного стенда. Новосибирск, 2020. 25 с.