

В.А. ЛИХАНОВ, Р.Р. ДЕВЕТЬЯРОВ, А.В. РОССОХИН

**СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ
ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
И ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ**

КИРОВ 2019

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВЯТСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

**КАФЕДРА ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ,
АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ**

В.А. ЛИХАНОВ, Р.Р. ДЕВЕТЬЯРОВ, А.В. РОССОХИН

**СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ
ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
И ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ**

Учебное пособие

КИРОВ 2019

УДК 631.372

Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р., Россохин А.В. Стендовые испытания поршневых двигателей и топливной аппаратуры: Учебное пособие. – Киров: Вятская ГСХА, 2019. – 105 с.

Пособие рассмотрено и рекомендовано к печати учебно-методической комиссией инженерного факультета Вятской ГСХА.

Рецензенты: профессор кафедры эксплуатации мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин, кандидат технических наук Л.А. Жолобов (ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА); заведующий кафедрой эксплуатации и ремонта машинно-тракторного парка, доктор технических наук, профессор Р.Ф. Курбанов (ФГБОУ ВО Вятская ГСХА).

В пособии приведены методики исследований и необходимые исходные данные для проведения лабораторных работ по испытаниям двигателей и топливной аппаратуры дизелей.

Учебное пособие предназначено для обучающихся инженерного факультета по направлениям подготовки:

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов;

23.03.01 Технология транспортных процессов;

35.03.06 Агроинженерия.

© ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2019

© В.А. Лиханов, Р.Р. Деветьяров, А.В. Россохин, 2019

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	5
Общие указания, правила техники безопасности и противопожарные мероприятия при проведении стендовых испытаний ДВС и ТА	6
Назначение и классификация характеристик.	
Виды испытаний ДВС	8
Основные термины, применяемые при стендовых испытаниях и построении характеристик	10
Работа №1	12
1. Оборудование, применяемое при стендовых испытаниях	12
1.1. Оборудование для проведения испытаний топливной аппаратуры дизелей	12
1.2. Оборудование для проведения испытаний двигателей внутреннего сгорания	23
Работа №2	28
2. Регулировочные характеристики	28
2.1. Регулировочная характеристика ТНВД по изменению давления начала впрыскивания форсунки	28
2.1.1. Анализ регулировочной характеристики ТНВД по давлению начала впрыскивания топлива форсункой	29
2.2. Регулировочная характеристика дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива	31
2.2.1. Анализ регулировочной характеристики дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива	31
2.3. Регулировочная характеристика карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания	36
2.3.1. Анализ регулировочной характеристики карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания	37
Вопросы для проверки	41
Работа №3	42
3. Нагрузочные характеристики	42
3.1. Нагрузочная характеристика ТНВД	42
3.1.1. Анализ нагрузочной характеристики ТНВД	42
3.2. Нагрузочная характеристика дизеля	44
3.2.1. Анализ нагрузочной характеристики дизеля	44

3.3. Нагрузочная характеристика карбюраторного двигателя	48
3.3.1. Анализ нагрузочной характеристики карбюраторного двигателя	49
Вопросы для проверки	51
Работа №4	52
4. Скоростные характеристики	52
4.1. Скоростная характеристика ТНВД	52
4.1.1. Анализ скоростных характеристик ТНВД	53
4.2. Скоростная характеристика дизеля	57
4.2.1. Анализ скоростных характеристик дизеля	58
4.3. Регуляторная характеристика дизеля	61
4.3.1. Анализ регуляторной характеристики дизеля	61
4.4. Скоростная характеристика карбюраторного двигателя	63
4.4.1. Анализ скоростных характеристик карбюраторного двигателя	64
Вопросы для проверки	66
Работа №5	67
5. Регулировки топливной аппаратуры дизелей	67
5.1. Регулировки ТНВД	67
5.1.1. Регулировка насосов типа УТН	68
5.1.2. Регулировка насосов типа ТН	70
5.1.3. Регулировка насосов распределительного типа НД	72
5.1.4. Регулировка насосов типа 33 (КамАЗ)	75
5.1.5. Регулировка насосов типа 60, 80, 90 (ЯМЗ)	77
5.2. Проверка и регулировка форсунок по давлению начала впрыскивания	79
6. Влияние износов топливной аппаратуры на работу дизеля	80
7. Требования к топливной аппаратуре дизелей	84
Вопросы для проверки	91
Литература	92
Приложение. Устройство и работа регуляторов ТНВД	93

ВВЕДЕНИЕ

Высокая экономичность и эффективность работы двигателей находится в прямой зависимости от качества регулировок топливной аппаратуры и правильности выбора режимов их эксплуатации. Невыполнение этих условий вызывает рост необоснованных затрат до 30...35 %, сокращает ресурс двигателей в 1,5...2 раза, ухудшает эффективные показатели и показатели токсичности отработавших газов.

Очевидно, что инженерно-технические работники, занимающиеся планированием, организацией и проведением ремонтно-технических работ, должны уделять особое внимание вопросам правильного и качественного регулирования топливной аппаратуры, определения условий и режимов работы двигателей.

С этой целью студенты инженерного факультета изучают курс теории ДВС и практически выполняют цикл лабораторных работ по стендовым испытаниям и регулировкам двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и топливной аппаратуры (ТА).

Учебное пособие подготовлено с использованием действующих ГОСТов и ТУ, а также с учетом реальных особенностей и условий эксплуатации двигателей и топливной аппаратуры.

Объем проведения стендовых испытаний сокращен и упрощен для того, чтобы каждый студент мог усвоить суть и порядок проведения работы, выполнить ее за отведенное время и получить вполне достоверные экспериментальные данные для сравнения с требованиями ГОСТов и ТУ.

Лабораторные работы рекомендуется проводить с использованием журналов по стендовым испытаниям ДВС и ТА и другой рекомендованной учебной литературой.

Условия проведения стендовых испытаний, набор необходимого оборудования и приборов должны соответствовать требованиям действующих ГОСТов.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ, ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВС И ТА

На первом лабораторном занятии студенты получают журналы, инструктаж по технике безопасности, знакомятся с лабораториями и оборудованием для стендовых испытаний ДВС и ТА.

Каждая лабораторная работа выполняется звеньями по 3...4 человека на соответствующем рабочем месте с использованием учебно-методических пособий, журналов, литературы, плакатов, оборудования и приборов.

Студенты обязаны заранее ознакомиться с содержанием и порядком выполнения лабораторной работы, изучить методику снятия и построения характеристик.

После проведения испытаний студенты обрабатывают опытные данные, приводят их к стандартным атмосферным условиям и оформляют отчет о работе в журнале стендовых испытаний (строят характеристики и проводят анализ данных).

Проведение стендовых испытаний, обработку опытных данных, построение и анализ характеристик необходимо проводить с использованием следующих ГОСТов:

- ГОСТ 18509-88 «Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний»;

- ГОСТ 14846-81 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний».

При проведении стендовых испытаний ДВС и ТА необходимо соблюдать следующие основные правила:

1. Перед проведением испытаний с каждым студентом должен быть проведен инструктаж по технике безопасности, о чем делаются соответствующие записи в журнале по технике безопасности.

2. Включение-выключение стендов, распределение студентов по рабочим местам выполняет преподаватель или учебный мастер.

3. При проведении стендовых испытаний все студенты должны работать в халатах.

4. Запрещается работать в развевающейся одежде и нахо-

дятся при снятии характеристик вблизи вращающихся и сильно нагретых деталей: карданных и ременных передач, шпиндельных узлов, элементов выпускного трубопровода.

5. Все необходимые регулировки разрешается выполнять только при остановленном двигателе и выключенном стенде.

6. Все регулировочные работы необходимо проводить исправным инструментом.

7. Запрещается курить и пользоваться открытым огнем в лабораториях для стендовых испытаний.

8. Стендовые испытания должны проводиться при работающей вытяжной вентиляции.

9. Нельзя оставлять включенные стенды и работающие двигатели без надзора даже на короткое время.

Помните:

1. При работе двигателя на стенде возможно разбрызгивание электролита из емкости жидкостного реостата. Попадание электролита на одежду вызывает ее повреждение, на открытые участки тела - ожоги кожи. В случаях попадания капель электролита на открытые участки тела и в глаза необходимо немедленно смыть капли обильной струей воды.

2. Падение давления в системе смазки или отключение электротормозного устройства при работающем двигателе (при обрыве карданной передачи стенда, выключении электропитания и др.) может привести к аварии оборудования. Во избежание аварии **немедленно выключите подачу топлива**, а у дизеля дополнительно вытяните рычаг аварийного выключения подачи воздуха.

НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК. ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ ДВС

Характеристиками двигателя называют зависимости основных показателей его работы от того или иного фактора или связи одних показателей с другими. Все существующее многообразие характеристик может быть условно подразделено на несколько основных групп.

1. Регулировочные характеристики - зависимости показателей работы двигателя от изменения регулировок или конструктивных факторов. Регулировочные характеристики снимаются при постоянной частоте вращения и фиксированном положении органа управления подачей топлива.

2. Нагрузочные характеристики - зависимости показателей работы двигателя от изменения нагрузки. Нагрузочные характеристики снимаются при постоянной частоте вращения и равномерном увеличении нагрузки.

3. Скоростные характеристики - зависимости показателей работы двигателя от изменения частоты вращения коленчатого вала. Скоростные характеристики снимаются при фиксированном положении органа управления подачей топлива.

Кроме отмеченных, существуют и другие характеристики: устойчивости, дымности и токсичности отработавших газов, пусковые, вибрационные и т.д. В настоящем цикле лабораторных работ они не рассматриваются.

Характеристики двигателей дают исходный материал для изучения динамических и экономических показателей тракторов и автомобилей, позволяют подобрать оптимальные значения регулировочных параметров, а также оценить отдельные свойства, показатели качества двигателей.

Характеристики определяют после проведения стендовых испытаний двигателей.

Программа испытаний зависит от поставленной задачи. В соответствии с задачами применяются различные виды стендовых испытаний:

- научно-исследовательские испытания проводят во время научных исследований для изучения некоторых отдельных

свойств двигателей;

- доводочные испытания проводят в процессе разработки двигателя для оценки влияния вносимых в него изменений с целью достижения требуемых параметров;

- граничные испытания проводят с целью определения зависимостей между предельными значениями параметров двигателей и режимов эксплуатации;

- периодические испытания проводят для определения влияния условий работы на изменение параметров двигателя с целью корректировки параметров;

- приемочные, приемо-сдаточные и предъявительские испытания проводятся при соответствующих условиях с целью определения соответствия основных параметров двигателя требованиям ГОСТов и ТУ.

Содержание периодических, приемочных, приемо-сдаточных и предъявительских испытаний регламентировано ГОСТами: ГОСТ 18509 и ГОСТ 14846.

Обработка, оформление и оценка результатов испытаний проводится с учетом приведения параметров двигателей к стандартным атмосферным условиям. Ими считаются: атмосферное давление 101,3 кПа, температура окружающего воздуха 20 °С, относительная влажность воздуха 50 %, температура топлива 20 °С, плотность топлива 0,83 г/см³ при 20 °С.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ И ПОСТРОЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК

1. Номинальная мощность ($N_{ен}$) – эффективная мощность дизеля, назначаемая предприятием-изготовителем на номинальной частоте вращения при полной подаче топлива, стандартных атмосферных условиях, температуре и плотности топлива. Дизель должен быть установлен на стенд без вентилятора, воздухоочистителя, глушителей шума, искрогасителя, нейтрализатора отработавших газов (ОГ), а также без оборудования, потребляющего мощность, но не обслуживающего двигатель.

2. Номинальная частота вращения (n_n) – частота вращения коленчатого вала, при которой предприятием-изготовителем назначаются номинальная и эксплуатационная мощности.

3. Максимальная частота вращения холостого хода ($n_{max. хх.}$) – наибольшее допустимое значение частоты вращения, установленное ТУ на двигатель.

4. Максимальный крутящий момент ($M_{кр. max.}$) – максимальное значение крутящего момента, установленное ТУ на двигатель при полностью открытом дросселе у ДВС с искровым зажиганием или полной подаче топлива у дизеля.

5. Частота вращения при максимальном крутящем моменте ($n_{кр. max.}$) – частота вращения, при которой двигатель развивает максимальный крутящий момент.

6. Часовой расход топлива (G_T) – количество топлива, расходуемого двигателем на заданном режиме работы за один час.

7. Часовой расход воздуха (G_B) – количество воздуха, расходуемого двигателем на заданном режиме работы за один час.

8. Удельный расход топлива (g) – количество топлива, расходуемое двигателем за один час, отнесенное к соответствующей приведенной мощности.

9. Коэффициент избытка воздуха (α) – отношение количества воздуха, действительно поступившего в цилиндр, к количеству воздуха, теоретически необходимого для полного сгорания поданного в цилиндр топлива.

$\alpha < 1$ - смесь обогащенная, необходима при работе двигате-

ля на холостом ходе и при максимальной мощности.

$\alpha \ll 1$ - смесь богатая, нужна при пуске холодного двигателя.

$\alpha > 1$ - смесь обедненная, необходима при работе двигателя на промежуточных режимах.

$\alpha = 1$ - стехиометрическая смесь.

10. Коэффициент наполнения (η_v) – отношение действительного количества свежего заряда, поступившего в цилиндр в процессе впуска, к количеству заряда, которое могло бы поместиться в рабочем объеме цилиндра при тех же условиях на впуске.

11. Среднее эффективное давление (p_e) – условное постоянное давление в цилиндре двигателя, при котором работа, произведенная в нем за такт, равнялась бы эффективной работе за цикл.

12. Эффективный коэффициент полезного действия (η_e) – отношение теплоты, эквивалентной эффективной работе действительного цикла, к количеству всей подведенной с топливом теплоты.

13. Номинальный коэффициент запаса крутящего момента (μ) – отношение разности максимального и номинального значений крутящего момента к его номинальному значению.

14. Цикловая подача топлива (q_u) – количество топлива, подаваемое насосной секцией за одно нагнетание.

15. Степень коррекции подачи (Δq_u) – отношение увеличения (уменьшения) подачи топлива к величине подачи в номинальном режиме.

РАБОТА № 1

1. Оборудование, применяемое при стендовых испытаниях

1.1. Оборудование для проведения испытаний топливной аппаратуры дизелей

Требования к оборудованию. Испытания топливных насосов высокого давления проводятся в соответствии с ГОСТ 8670-82. Стенд должен быть оборудован эталонным топливным насосом, форсунками и трубопроводами; счетчиком циклов, обеспечивающим автоматическое включение и отключение устройства для измерения подачи топлива; приборами для измерения частоты вращения, давления и температуры топлива, подводимого к насосу. Также он должен быть снабжен специальными устройствами: для изменения и поддержания заданной частоты вращения, для измерения подачи топлива, для проверки углов начала нагнетания топлива, для стабилизации температурного режима.

Оборудование и приборы стенда должны удовлетворять следующим требованиям.

Привод стенда должен обеспечивать заданную частоту вращения при установившейся подаче топлива в течение 60 с с допуском: до $\pm 0,5$ % - при частоте вращения свыше 800 мин^{-1} ; до $\pm 5 \text{ мин}^{-1}$ - при частоте вращения до 800 мин^{-1} включительно. Соединительная муфта должна обеспечивать передачу вращения без проскальзывания и углового зазора. Суммарная погрешность устройств для измерения подачи топлива - не выше 1,0 %.

Допустимые погрешности приборов: для измерения температуры и давления топлива - до 2,5 %; частоты вращения - $\pm 5 \text{ мин}^{-1}$; числа циклов - до 1 цикла.

Устройство для проверки отклонения углов начала нагнетания топлива должно обеспечивать измерение с погрешностью $\pm 20^\circ$.

Стендовые насос, форсунки и топливопроводы должны пройти эталонирование.

Стенд КИ-15711-01. Стенд КИ-15711-01, его модификации являются отечественными стендами нового поколения и предна-

значены для испытания дизельной топливной аппаратуры современных автотракторных и комбайновых двигателей с числом цилиндров до 12.

Стенд (рис. 1.1) состоит из следующих основных частей: основания, литой плиты, выходного вала, мерного блока, электрошкафа, тахосчетчика, гидропередачи с приводом от электродвигателя, системы топливоподачи низкого и высокого давления со стендовым насосом.

В основании стенда имеются топливный бак и бак гидропередачи. В топливном баке установлены стендовый насос, фильтр грубой очистки топлива, фильтр приемосетчатый, теплообменник.

На основании имеется насос гидропередачи с электродвигателем, электрошкаф и бак загрязненного топлива. Чугунная плита крепится к основанию с помощью четырех стоек. На плите установлен выходной вал с кронштейном, мерный блок 27 с поворотным кронштейном 30.

На электрошкафу закреплена плита пульта управления 13. На ней расположены кнопки и переключатели управления работой стенда. На панели кожуха приводного вала установлены манометры топливной системы с пределами измерения 0...0,6 и 0...4,0 МПа, термометр. На лицевой панели кожуха имеется кнопка «Стоп», с помощью которой отключаются приводы стенда.

Механизм управления гидроприводом предназначен для изменения частоты вращения выходного вала стенда. Регулирование в пределах 0...1400 мин⁻¹ производится с помощью насоса, а в пределах 1400...3000 мин⁻¹ - посредством гидромотора. Изменение частоты вращения производится вращением лучевого маховичка 8.

Гидропривод состоит из бака, регулируемых насоса и гидромотора, фильтра, клапанов предохранительных, теплообменника, электродвигателя.

На выходном валу стенда закреплен маховик, на котором нанесена двойная шкала от 0° до 360°. Маховик со шкалами используется при определении геометрического начала и конца подачи топлива секциями ТНВД. Кроме того, на валу установлены два диска, которые входят в пазы двух фотоэлектрических датчиков, работающих с тахометром и стробоскопом, и червячная ше-

стерня медленного вращения приводного вала. Со стороны, обратной креплению ТНВД, приводной вал соединен с гидромотором.

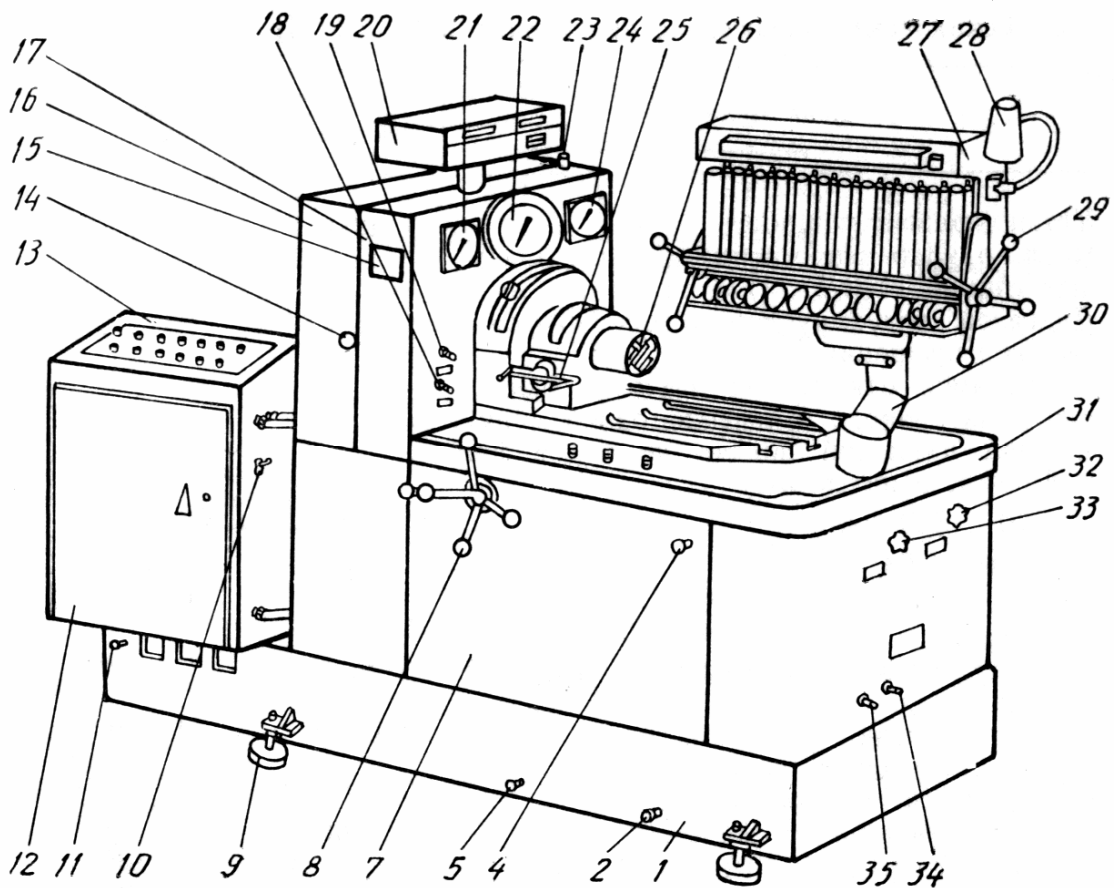


Рисунок 1.1 - Стенд КИ-15711-01 для испытания и регулирования дизельной топливной аппаратуры:

1 - основание; 2, 5 - пробки; 4 - ручка крышки; 7 - крышка стенда; 8 - лучевой маховичок управления скоростным режимом; 9 - виброизоляционная опора; 10 - выключатель сети; 11 - болт заземления; 12 - электрошкаф; 13 - пульт управления; 14 - кнопка аварийной остановки; 15 - табличка; 16 - крышка задняя; 17 - крышка передняя; 18 и 19 - штуцера; 20 - электронный измерительный блок; 21 - манометр низкого давления; 22 - термометр; 23 - розетка; 24 - манометр высокого давления; 25 - маховичок управления стробоскопом; 26 - соединительная муфта; 27 - мерный блок; 28 - светильник местного освещения; 29 - рукоятка поворота измерительных сосудов; 30 - поворотный кронштейн; 31 - плита стенда; 32 и 33 - дроссели; 34 и 35 - штуцера подвода и отвода охлаждающей воды

На гидромоторе установлен микровыключатель, обеспечивающий блокировку привода стенда.

Мерный блок предназначен для замера производительности секций ТНВД.

Мерные емкости перед замером устанавливаются в наклонном положении (19°) для обеспечения заполнения их без вспенивания топлива. При считывании показания рамка с мерными емкостями устанавливается в вертикальное положение рукояткой.

Стенд снабжен системой термостабилизации температуры топлива и масла. Термостабилизация обеспечивается двумя теплообменниками, устанавливаемыми в топливном и масляном баках. В качестве охладителя используется проточная вода, подключаемая к штуцерам 34 и 35 (рис. 1.1).

Органы управления работой стенда расположены на пульте управления, на блоке электроники КИ-15715, а также в виде маховичков и кнопок на стенде.

Включение, отключение и контроль за работой гидропривода осуществляются кнопками «Пуск» и «Стоп» и сигнальными лампочками «Работа» и «Блокировка привода».

Включение, выключение и контроль за работой топливной системы осуществляются кнопками «Пуск», «Стоп» и сигнальными лампами «Работа», «Включение охлаждения».

Сигнальная лампа «Сеть» загорается при подаче напряжения в электрошкаф включением выключателя 10.

Блок электроники имеет два табло: тахометра - «Обороты/мин» и счетчика циклов - «Циклы». Ниже табло расположены органы управления блоком электроники: выключатель «Сеть», переключатель «Контроль - работа», задатчик циклов «Циклы», кнопки «Сброс» и «Пуск», сигнальные лампы «Селектор», «Контроль».

В положении «Контроль» контролируется работоспособность тахометра, на его табло должно индуцироваться «3125» или «3126». В положении «Работа» производится измерение частоты вращения выходного вала. Кнопкой «Сброс» табло обнуляется и одновременно отключается электромагнит мерного блока.

Кнопкой «Пуск» включается в работу счетчик циклов и одновременно электромагнит мерного блока. Задатчиком «Циклы» задается необходимое количество циклов, за которое замеряется

производительность секций ТНВД.

Сигнальная лампа «Селектор» индицирует процесс счета (она должна мигать при вращении вала привода). Сигнальная лампа «Контроль» включается при работе счетчика циклов.

Изменение частоты вращения вала привода более 1400 мин^{-1} производится с помощью маховичка механизма ручного управления, расположенного со стороны электрошкафа. Этим же маховичком изменяется направление вращения привода.

Дроссель 32 предназначен для регулирования подачи (давления) дизельного топлива перед ТНВД. Давление контролируется по манометрам 21 и 24. Дроссель 33 предназначен для перекрытия подвода топлива к ТНВД. Дизельное топливо подогревают, используя дросселирование.

Кнопки 14 расположены с обеих сторон стенда и служат для аварийного выключения всех агрегатов стенда. Маховичком 25 устанавливается фаза поджога стробоскопа.

Стенд «Моторпал NC-110». Управление стендом «Моторпал NC-110» (производства Чехословакии). Рекомендован Камским автозаводом для испытания топливных насосов двигателей КамАЗ (рис. 1.2). Предназначен для регулировки и испытания ТНВД с числом секций до 12. Имеет бесступенчатый гидропривод с регулировкой частоты вращения в пределах $50 \dots 1450 \text{ мин}^{-1}$. Масло в баке гидросистемы привода емкостью 30 л подогревается до температуры $+ 25 \text{ }^\circ\text{C}$. Контроль частоты вращения привода осуществляется магнитным тахометром с боковым приводом; точность измерения $\pm 1 \%$, цена деления 20 мин^{-1} . Счетчик числа циклов - электромагнитный, с настройкой от 50 до 1150 циклов с шагом 50.

Система питания регулируемого топливного насоса включает: бак с электрическим подогревом и водяным охлаждением, обеспечивающими поддержание температуры $+ 25 \text{ }^\circ\text{C}$; подкачивающий насос; топливный фильтр. Нижняя часть стенда одновременно образует баки для масла и топлива, имеющие указатели уровня 37 и 40. Масляный бак снабжен сливным краником 34. Такой же краник установлен на левой торцовой части стенда для слива топлива. Штуцера 33 и 35 предназначены для присоединения трубопроводов охлаждающей жидкости.

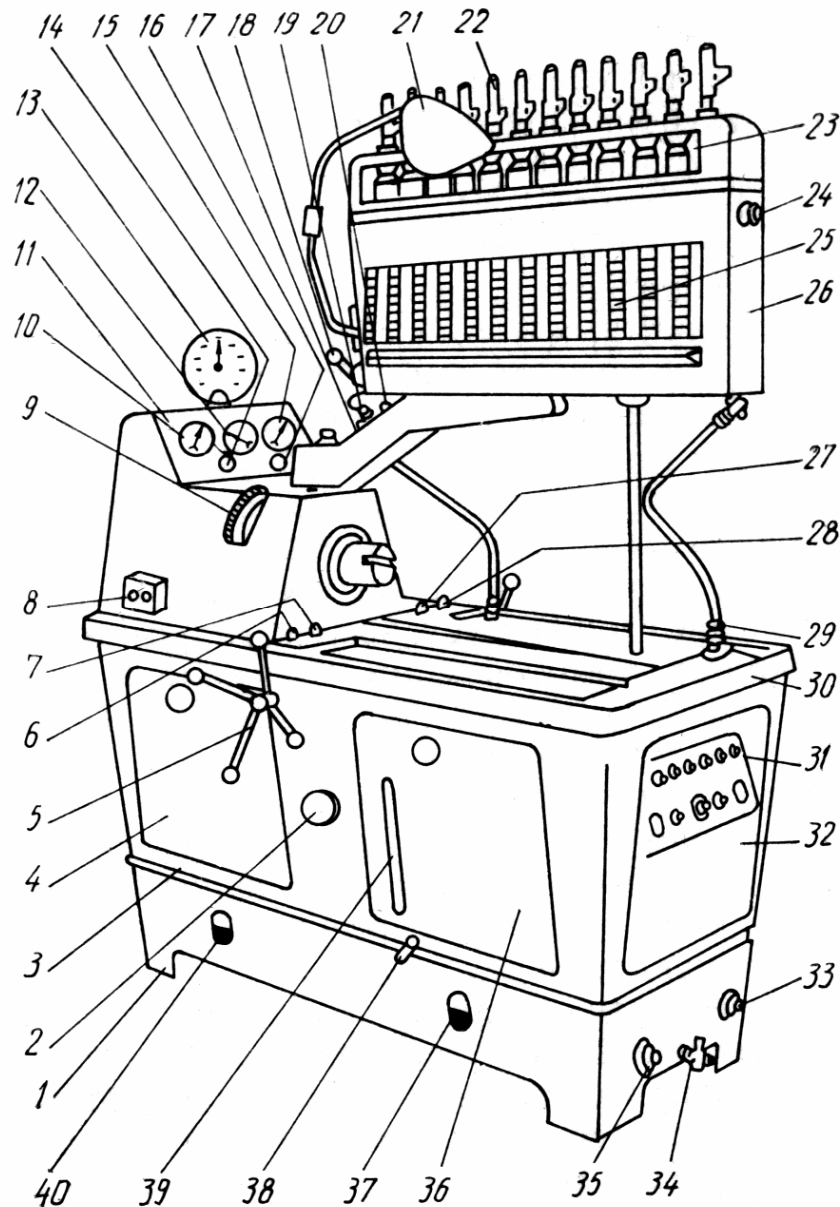


Рисунок 1.2 - Общий вид станда NC - 110:

1 - стол; 2 - трехходовой кран; 3 - рама стола; 4 и 36 - передние кожухи; 5 - штурвал управления скоростным режимом; 6 и 7 - штуцера подключения трубопроводов; 8 - кнопки включения (выключения) электродвигателя станда; 9 - маховик; 10 и 15 - манометры; 11 и 31 - панели управления; 12 - вакуумметр; 13 - тахометр; 14 и 16 - регулировочные краны; 17 - поворотный рычаг; 18 - рычаг слива топлива; 19 и 20 - кнопки включения и выключения числа ходов; 21 - лампа; 22 - форсунка; 23 - стакан-успокоитель; 24 - кнопка управления; 25 - мерные емкости; 26 - мерный блок; 27 и 28 - штуцера; 29 - штуцер слива топлива; 30 - рабочая плита; 32 - электрический шкаф; 33 и 35 - штуцера подвода и отвода охлаждающей воды; 34 и 38 - сливные краны; 37 и 40 - окна уровня топлива и масла; 39 - мензурка контроля подачи топлива

С правой стороны стола размещен электрошкаф 32 с панелью управления 31. Внутри рамы стола установлен приводной агрегат, агрегаты системы питания топливом регулируемого насоса. С лицевой стороны расположен трехходовой кран 2, который соединяет подкачивающий насос стенда с фильтром или с баком. Мензурка 39 служит для замера количества топлива, подаваемого насосом стенда. Штурвалом 5 через цепную передачу производят регулирование производительности гидронасоса и изменение частоты вращения привода.

На раме стенда закреплена рабочая плита 30, на которой с левой стороны установлен гидромотор с маховиком 9. Над гидромотором имеется кожух, на котором находится панель управления 11, тахометр 13, кнопки 8 включения и выключения электродвигателя стенда. На панели 11 размещены регулировочный кран 14 с вакуумметром 12 и кран 16 с манометром 15.

Маховик 9 со шкалой с ценой деления 1° служит для регулировки чередования впрыска топлива секциями насоса с помощью стробоскопа.

На рабочей плите стенда против приводного вала имеется Т-образный паз для крепления ТНВД, штуцеры 6 и 7, 27 и 28 для присоединения ТНВД при испытании без подкачивающего насоса или с ним, штуцер 29 для слива топлива в бак. На поворотном рычаге 17 установлены кнопки включения 19 и выключения 20 счетчика циклов и измерительный блок 26 с мензурками 25. В стаканах 23 мерного блока 26 закреплены форсунки 22. Топливо из форсунок через поворотный желобок поступает в мерные мензурки или в сливной желоб. Переключение направления движения топлива осуществляется с помощью электромагнита, получающего команду от счетчика циклов. Слив топлива из мерных мензурок производится вручную передвижением рычага 18.

На панели управления 31 размещены: выключатель освещения; выключатель «Обогрев I» для подогрева масла; контрольная лампа подогрева масла; контрольная лампа подогрева топлива; выключатель «Обогрев II» для подогрева топлива; выключатель «Магнит СД», включающий электромагнит на мензурке 39 подкачивающего насоса стенда и ее освещение; штепсельная розетка стробоскопа; выключатель стробоскопа; контрольная лампа включения стенда в сеть; выключатель «Магнит РС» и розетка

«Магнит РС» для подключения дополнительного отмеривающего устройства.

Устройство для замера производительности секций ТНВД представляет собой мерный блок 26, закрепленный на поворотном рычаге. Форсунки направлены в прозрачные стаканы, что позволяет наблюдать за процессом впрыска. Отстоянное топливо отводится в сливной желоб. Топливо из мензурок сливается вручную установкой рычага 18 в положение «Слив». При этом повернется эксцентриковый вал и откроются клапаны в устройстве.

Стенд КИ-22205. Управление стендом КИ-22205. Стенд КИ-22205 (рис. 1.3) изготовлен на базе стенда КИ-921М. Предназначен для испытания и регулировки топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых двигателей. Отличается от КИ-921М применением блока электроники с фотоэлектрическим датчиком. Блок электроники позволяет с большей точностью производить измерение частоты вращения вала привода (мин^{-1}), углов начала впрыска (в угловых градусах) и отсчет количества циклов впрыска топлива. При этом исключаются субъективные ошибки, так как измеряемые параметры представляются в цифровой форме на индикаторе.

Стенд КИ-22205 состоит из корпуса, привода с механическим вариатором, блока электроники с фотодатчиком, системы топливоподачи, электрооборудования, приборов, комплекта сменных приспособлений (кронштейны, переходники насосов и др.).

Блок электроники установлен на подставку 1 (рис. 1.3). На главном валу привода закреплен подвижный прозрачный диск, вращающийся в прорези корпуса фотодатчика 19. На диске имеются две дорожки: на одной нанесены по окружности 720 рисок, на другой - риска ВМТ (верхняя мертвая точка), которая соответствует плоскости симметрии первого кулачка кулачкового вала насоса. На кожухе 12 крепится фотодатчик 19. Корпус вместе с фотодатчиком имеет возможность поворачиваться вокруг оси вала. При этом необходимо предварительно ослабить маховичок 15 и с помощью ручки 18 повернуть кожух. На кожухе имеется стрелка-указатель 16 угла начала подачи при испытаниях мето-

дом проливки. На передней панели и кожухе 12 выбиты контрольные риски 17, которые должны быть совмещены при установке на стенд топливного насоса высокого давления (ТНВД) с несимметричным профилем кулачка. При испытании ТНВД тумблером 10 включить блок электроники в сеть.

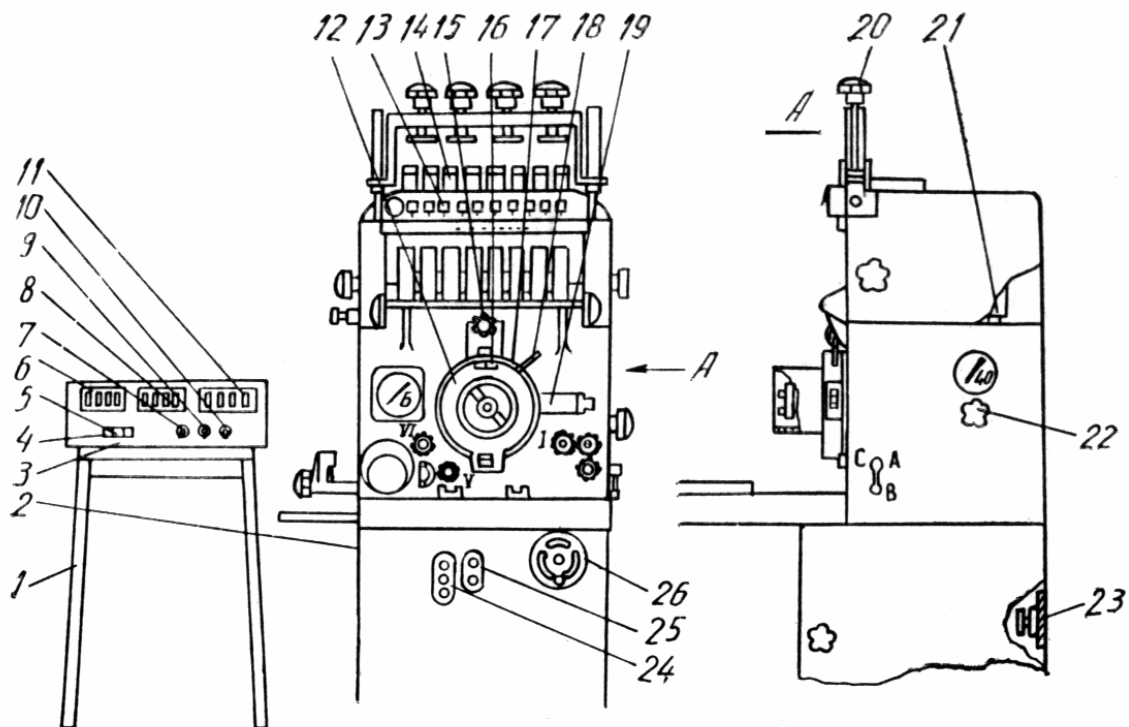


Рисунок 1.3 - Контрольно-измерительный стенд КИ-22205:

1 - подставка электронного измерительного блока; 2 - тумблер включения стенда в сеть; 3 - блок электроники; 4 - клавиша «Угол»; 5 - клавиша «Подача»; 6 - индикаторные лампы «Частота вращения»; 7 - кнопка «Пуск»; 8 - индикаторные лампы «Число циклов»; 9 - кнопка «Стоп»; 10 - тумблер включения блока электроники в сеть; 11 - переключатель циклов; 12 - кожух; 13 - тумблеры управления датчиками начала впрыскивания; 14 - датчики начала впрыскивания; 15 - маховичок зажима кожуха; 16 - стрелка-указатель; 17 - контрольные риски; 18 - ручка поворота кожуха; 19 - фотодатчик; 20 - прижим датчиков начала вспрыскивания; 21 - электрошкаф; 22 - рукоятка вентиля; 23 - заземляющее устройство; 24 - трехэлементная кнопочная станция управления электродвигателем вала привода стенда; 25 - двухэлементная кнопочная станция управления электродвигателем привода насоса высокого давления; 26 - маховичок изменения частоты вращения вала привода стенда

Предварительно установить топливный насос и соединить его трубопроводами: от бака I; к фильтру III; от насоса стенда IV. Контроль за частотой вращения вала привода производится по индикаторным лампам 6.

Для определения угла начала впрыска нажать клавишу 4 «Угол» и включить один из тумблеров 13 датчиков впрыскивания соответствующей секцией топливного насоса. Индикаторные лампы 8 покажут значение угла начала впрыска. При определении величины подачи насосными элементами набрать переключателем 11 необходимое число циклов, нажать клавишу 5 «Подача» и включить кнопку 7 «Пуск».

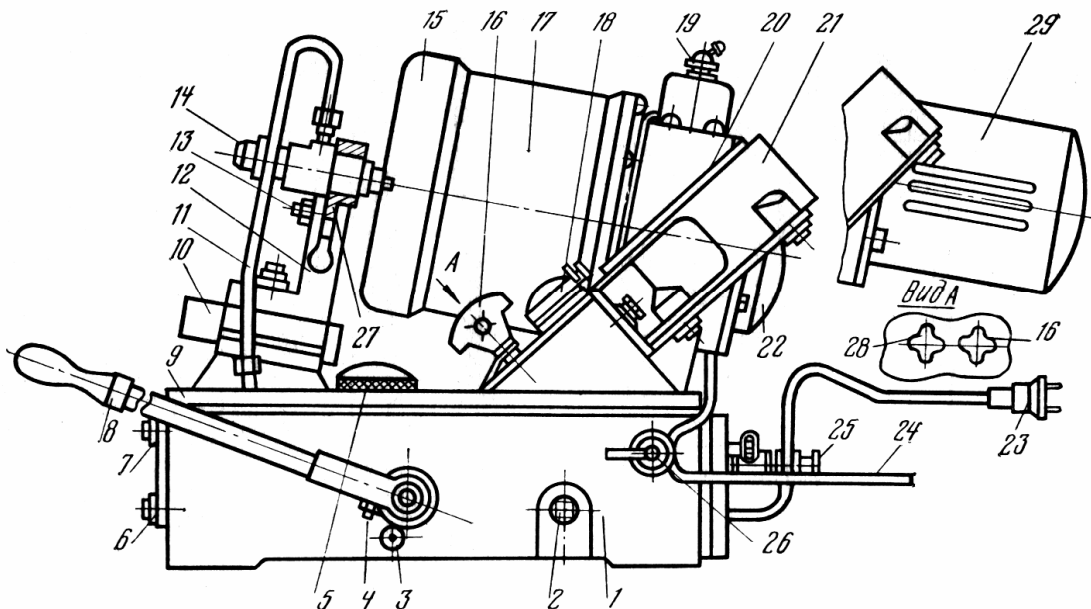


Рисунок 1.4 - Прибор КИ-3333 для регулировки и испытания форсунок: 1 - корпус прибора; 2 - винт для выпуска воздуха; 3 - винт для крепления эксцентрика привода плунжера насоса; 4 - зажим; 5 - крышка горловины топливного бака; 6 - спускная пробка; 7 - указатель уровня топлива; 8 - рукоятка насоса; 9 - крышка насоса; 10 - установочная плита; 11 - топливопровод высокого давления; 12 - кронштейн; 13 - зажим; 14 - испытуемая форсунка; 15 - подсветка; 16 - кран для включения и отключения манометра; 17 - камера впрыска; 18 - секундомер; 19 - выключатель электрического тока; 20 - манометр; 21 - корпус манометра; 22 - крышка воздушной турбинки; 23 - вилка подключения прибора в электрической сети; 24 - шланг подвода воздуха; 25 - штепсельный разъем; 26 - кран подачи воздуха; 27 - съемные вставки; 28 - кран отключения насоса и подачи топлива к испытуемой форсунке; 29 - вариант исполнения прибора с электродвигателем

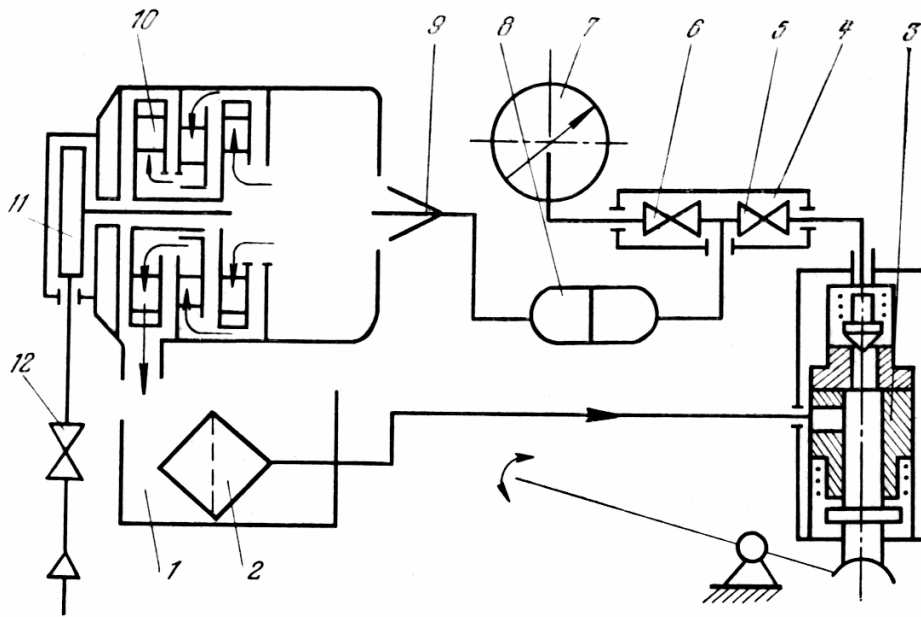


Рисунок 1.5 - Схема подачи топлива в приборе КИ-3333:

1 - бак; 2 - фильтр; 3 - плунжерный насос; 4 - клапанная коробка; 5 и 6 - краны; 7 - манометр; 8 - гидроаккумулятор; 9 - форсунка; 10 - вентилятор; 11 - воздушная турбинка; 12 - кран подвода воздуха

При этом электромагнит отодвинет заслонку, преграждающую доступ топлива в мензурки. Топливо польется в мензурки. После того как кулачковый вал насоса совершит заданное количество оборотов (число циклов), электромагнит обесточится и заслонка перекроет доступ топлива в мензурки. Контроль отсчета количества циклов производится по индикаторным лампам 8. Для подготовки следующего замера нажать на кнопку «Стоп».

Прибор КИ-3333. Прибор КИ-3333 (рис. 1.4) предназначен для регулирования и испытания форсунок автотракторных двигателей. Состоит из корпуса, в котором смонтированы насос высокого давления, гидроаккумулятор, фильтр тонкой очистки топлива, камера впрыска, вентилятор с приводом от турбины или электромотора, держатель форсунок, панель прибора. Топливный бак расположен в корпусе прибора. Прибор подключается к воздухопроводу или в электрическую сеть 220 В. Схема работы прибора показана рис. 1.4. Топливо из бака 1 через фильтр 2 поступает в

плунжерный насос 3. Через клапанную коробку 4 и гидроаккумулятор 8 насос нагнетает топливо в форсунку 9. Давление в системе контролируют по манометру 7. Величину потока регулируют краном 5, манометр подключают краном 6. Распыленное топливо из камеры впрыска отсасывается вентилятором 10, конденсируется и возвращается в бак.

Периодически, не реже одного раза в неделю, приборы проверяют на герметичность. Для этого глушат штуцер трубки высокого давления, прокачивают систему до удаления воздуха, создают давление 38 МПа и после снижения давления до 35 МПа включают секундомер. Время снижения давления с 35 до 34,5 МПа не менее 3 мин.

1.2. Оборудование для проведения испытаний двигателей внутреннего сгорания

Испытательный стенд и аппаратура для испытания двигателей внутреннего сгорания. Испытательный стенд должен иметь оборудование для измерения следующих показателей: крутящего момента двигателя с точностью $\pm 0,5 \%$ от максимальных показаний, на которые рассчитана измерительная система (максимального значения на шкале динамометра); частоты вращения коленчатого вала с точностью $\pm 0,5 \%$; расхода топлива с точностью $\pm 1 \%$; температуры всасываемого воздуха с точностью $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$; температуры охлаждающей жидкости с точностью $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; температуры масла с точностью $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; температуры топлива с точностью $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; температуры отработавших газов с точностью $\pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$; температуры газа (у газовых двигателей) с точностью $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$; барометрическое давление с точностью $\pm 200 \text{ Па}$; давление масла с точностью $\pm 20 \text{ кПа}$; угла опережения зажигания или начала подачи топлива с точностью $\pm 1^\circ$ поворота коленчатого вала; давления наддува с точностью $0,05 \text{ кПа}$.

Измерениям подлежат температуры: всасываемого воздуха на расстоянии не более 0,15 м от входного отверстия в воздухоочиститель; отработавших газов на расстоянии не более 0,1 м за выходным фланцем выпускного трубопровода двигателя; охла-

ждающей жидкости на выходе из головки; масла в масляном баке (картере) двигателя; воздуха, входящего в вентилятор системы охлаждения двигателя воздушного охлаждения, на расстоянии не более 0,15 м от входного коллектора; двигателя воздушного охлаждения в точках, указанных в технических условиях на двигатель; топлива в устройстве для измерения расхода топлива или на входе в топливную систему двигателя.

Измерениям подлежат давления: атмосферное; воздуха после вентилятора системы охлаждения двигателя воздушного охлаждения в месте, указанном в технических условиях на двигатель; отработавших газов у выходного фланца выпускного трубопровода; у двигателей с наддувом - перед и после турбокомпрессора; масла в смазочной системе - в местах, указанных в технических условиях на двигатель.

При испытании автотракторных и комбайновых двигателей применяют различные виды тормозов в зависимости от целей испытаний и материального обеспечения.

В зависимости от способа создания тормозного момента различают механические, воздушные, гидравлические, индукторные и электрические тормоза постоянного и переменного тока.

Электрические тормоза используют не только для торможения, но и для пуска и определения мощности механических потерь. Они нашли наибольшее применение в учебных лабораториях сельскохозяйственных вузов как менее дорогие и более доступные. При кратковременных испытаниях, связанных со снятием характеристик, электрические тормоза отвечают по точности требованиям ГОСТ 18509-80 и ГОСТ 14846-81.

Балансирная машина представляет собой электродвигатель с фазным ротором, подвешенный на стойках с помощью двух опорных цапф, закрепленных на плите (рис. 1.6). Это обеспечивает электродвигателю качание относительно продольной оси.

При работе машины создается реактивный момент для поворота корпуса электродвигателя, соединенного с весовым устройством.

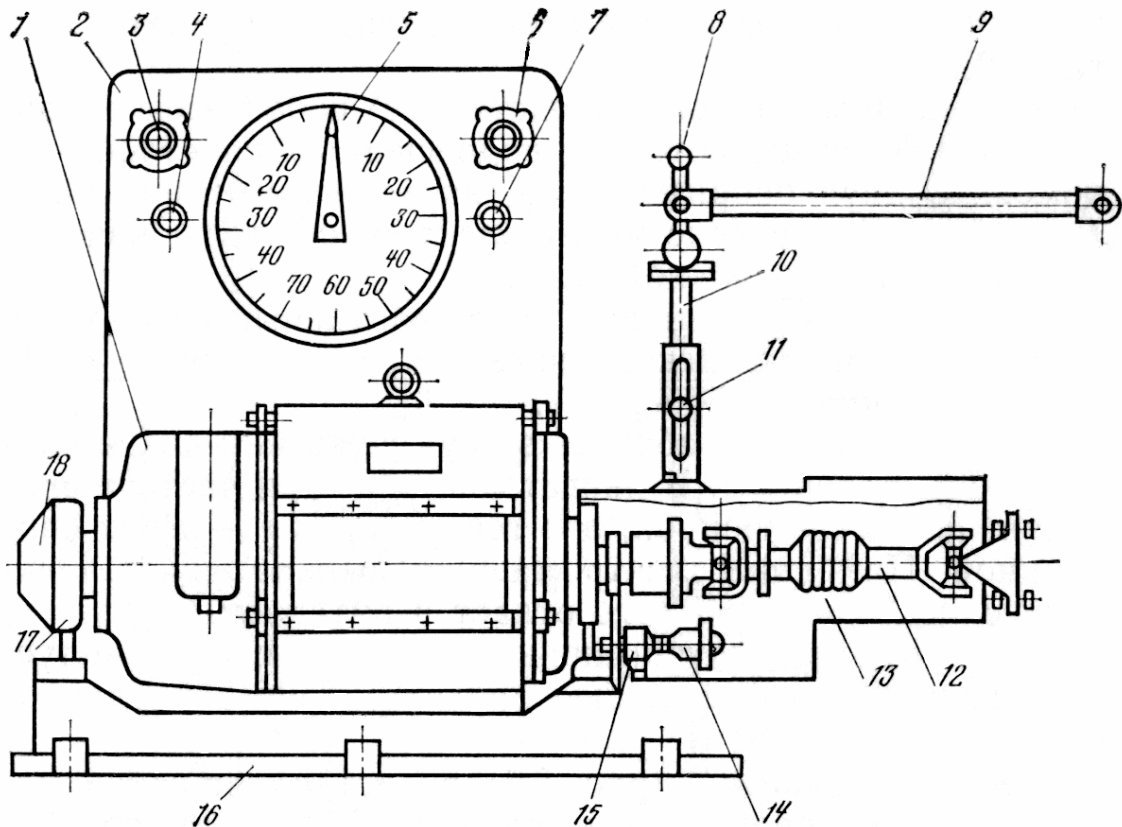


Рисунок 1.6 - Балансирная машина в сборе:

1 - балансирная электромашинa; 2 - пульт контрольных приборов; 3 - измеритель электротачометра; 4 - термометр для воды; 5 - циферблат весового механизма; 6 - манометр; 7 - термометр для масла; 8 - рычаг управления подачей топлива; 9 - тяга рычага; 10 - подвижная колонка; 11 - зажимный болт; 12 - карданный вал; 13 - защитный кожух; 14 - датчик электротачометра; 15 - привод тахометра; 16 - монтажная плита; 17 - задняя стойка; 18 - крышка

Электромашинa работает в двух режимах: двигательном и генераторном. В двигательном - при частоте вращения ниже синхронной, а в генераторном - выше синхронной. При этом электромашинa вырабатывает электрический ток и часть его отдает в питающую сеть.

Вал ротора электромашины соединяется с испытуемым двигателем с помощью двухшарнирного карданного вала.

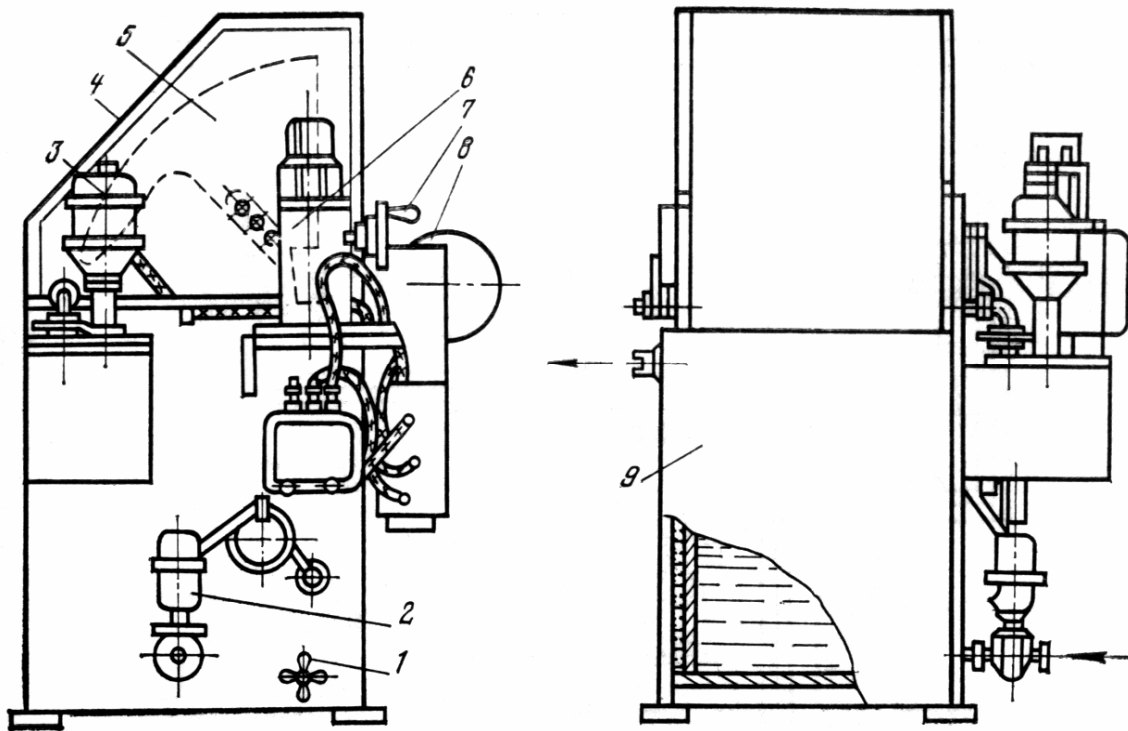


Рисунок 1.7 - Жидкостный реостат:

1 - сливная пробка; 2 - регулятор температуры; 3 - центробежный насос; 4 - кожух; 5 - электроды; 6 - исполнительный механизм; 7 - маховик; 8 - противовес; 9 - бак

Весовой механизм представляет собой маятниковый силоизмеритель, служащий для замера тормозного момента при испытаниях. Момент передается на корпус электромашин, который связан с весовым механизмом и демпфером. Весовой механизм смонтирован на стойке, закрепленной на монтажной плите.

Жидкостный реостат (рис. 1.7) служит для пуска электромашин и регулирования частоты вращения ротора при работе в двигательном режиме и регулирования нагрузки в генераторном режиме.

Реостат состоит из бака 9, наполняемого водным раствором кальцинированной соды. В верхней части бака установлен вал, на котором при помощи изоляторов крепятся электроды 5. Каждый электрод соединен с фазой обмотки ротора, и через раствор происходит их замыкание. Чем ниже опускаются электроды, тем больше активная площадь и меньше межфазное сопротивление в

обмотках ротора и больше сила тока. Изменяя силу тока в двигательном режиме, изменяют и частоту вращения ротора электромашины, а в генераторном - тормозную мощность.

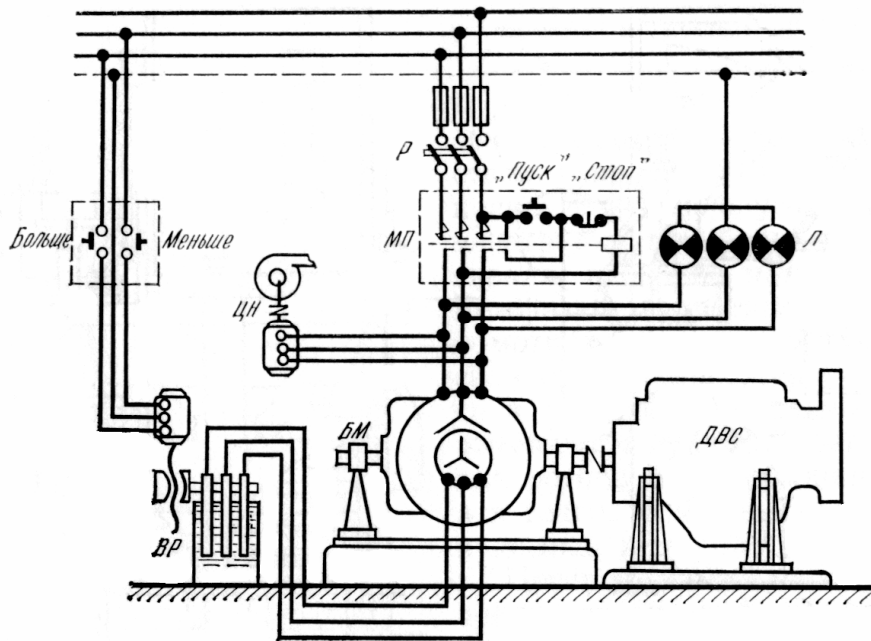


Рисунок 1.8 - Электрическая схема тормозного стенда:

Р - рубильник; МП - магнитный пускатель; Л - сигнальные лампы; БМ - балансирная машина - асинхронный электродвигатель с фазным ротором; ДВС - испытуемый двигатель внутреннего сгорания; ВР - жидкостный реостат в цепи ротора; ЦН - насос системы охлаждения жидкостного реостата

Центробежный насос 3 предназначен для перемешивания раствора с целью выравнивания теплового поля и уменьшения испарения воды.

Бак реостата имеет двойные стенки. В пространство между ними подается охлаждающая вода через регулятор температуры 2, служащий для поддержания температуры раствора в пределах 50...60 °С. В качестве раствора используют 1...2 % раствор Na_2CO_3 . Уровень раствора должен быть не ниже 100 мм от верхнего края бака.

РАБОТА № 2

2. Регулировочные характеристики

Назначение характеристики - определение влияния изменяющихся режимных или конструктивных факторов на оптимальные регулировки и определение влияния регулировок на показатели работы ДВС и ТА.

Цель работы – изучить устройство и принцип действия оборудования и приборов, применяемых при стендовых испытаниях ДВС и ТА, освоить методики снятия, расчета опытных данных и построения регулировочных характеристик, определить оптимальные значения некоторых регулировочных параметров.

Задачи работы:

- изучить методики снятия регулировочных характеристик;
- изучить устройство и принцип действия оборудования и приборов, применяемых при снятии регулировочных характеристик;
- на основе проведения стендовых испытаний получить опытные и расчетные данные параметров, построить регулировочные характеристики дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива, карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания и топливного насоса высокого давления (ТНВД) по изменению давления начала впрыскивания форсунки;
- провести анализ характера изменения кривых;
- определить оптимальные режимы работы и значения регулируемых параметров.

2.1. Регулировочная характеристика ТНВД по изменению давления начала впрыскивания форсунки

Установите на стенд для испытания топливной аппаратуры комплект форсунок, отрегулированных на давление начала впрыскивания 12,5 МПа. Включите стенд, установите заданную постоянную частоту вращения и равное ей количество циклов на задатчике электронного блока. Зафиксируйте рычаг управления регулятором в положении, соответствующем максимальному скоростному режиму. Нажатием кнопки «Пуск» при включенной

кнопке «Подача» на электронном блоке введите в действие счетный механизм. По истечении заданного количества циклов шторка стенда автоматически закроет поступление топлива в мерные емкости. Выключите стенд.

По данным количества поступившего топлива рассчитайте значения цикловой подачи и неравномерности подачи топлива насосными секциями. Полученные данные нанесите на график.

Замените комплект форсунок. Выполните аналогичные действия для комплектов форсунок, отрегулированных на давление начала впрыскивания 15,0 МПа, 17,5 МПа и 20,0 МПа.

Проанализируйте данные. Определите оптимальное значение давления начала впрыскивания форсунок.

2.1.1. Анализ регулировочной характеристики ТНВД по давлению начала впрыскивания топлива форсункой

Регулировочная характеристика ТНВД по давлению начала впрыскивания топлива форсункой (рис. 2.1) снимается при постоянной частоте вращения кулачкового вала насоса, фиксированном положении органа управления подачи топлива (рейки) и заданном постоянном количестве циклов (впрыскиваний).

Комплекты форсунок, устанавливаемые на стенд для испытания топливной аппаратуры, должны быть предварительно отрегулированы по давлению начала впрыскивания с точностью $\pm 0,05$ МПа.

Увеличение давления начала впрыскивания форсунки влечет за собой снижение цикловой подачи насоса вследствие роста гидравлических потерь при впрыскивании через неплотности и соприкосновения плунжерных пар. Причем относительный рост гидравлических потерь и, как следствие, снижение цикловой подачи при повышении давления начала впрыскивания форсунки увеличиваются.

Снижение цикловой подачи насоса при постоянном режиме его работы вызывает рост неравномерности подачи топлива по отдельным секциям, т.к. одно и то же отклонение цикловой подачи секции от среднего значения при уменьшении этого среднего значения увеличивается в процентном отношении.

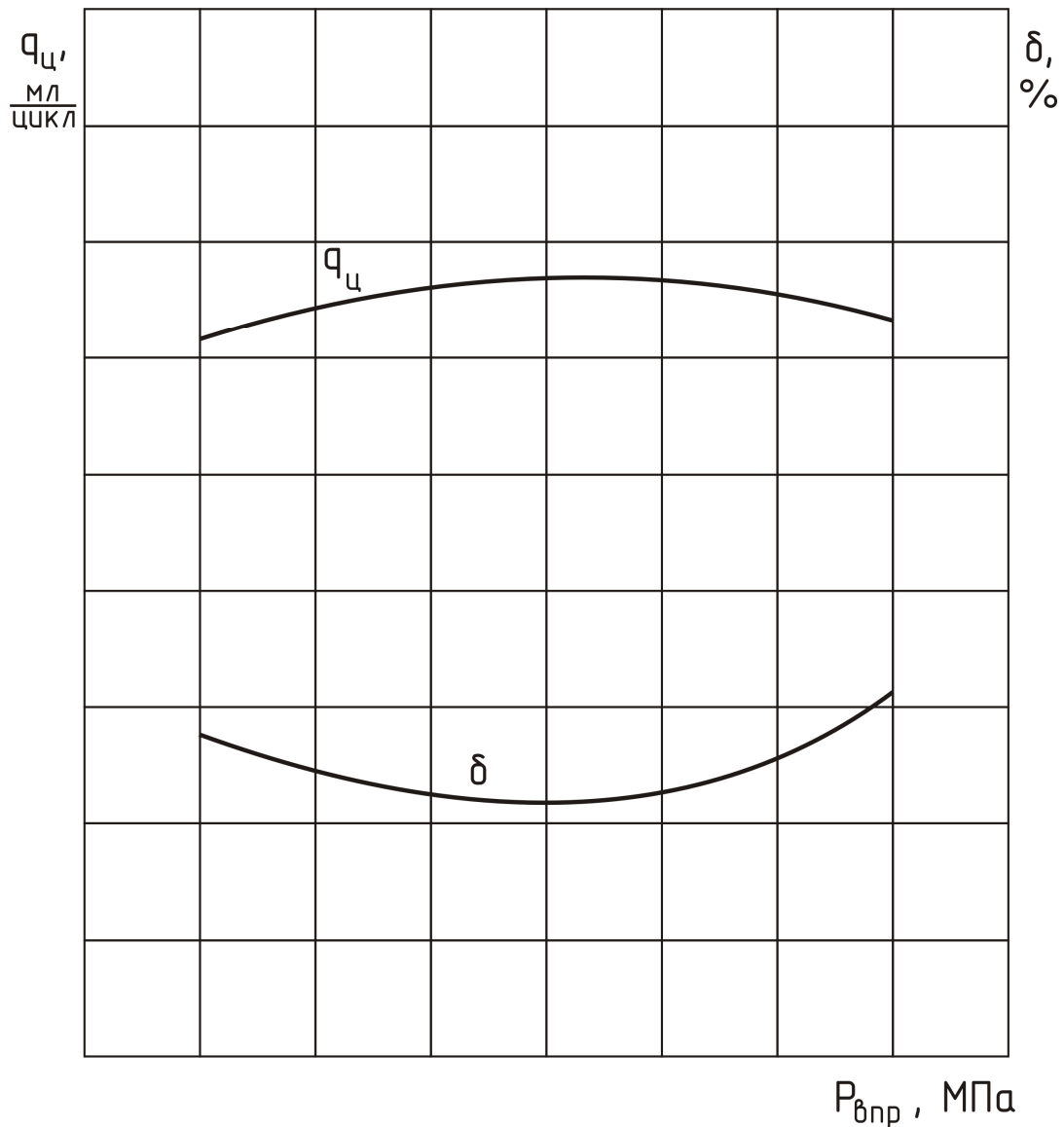


Рисунок 2.1 - Регулировочная характеристика ТНВД по давлению начала впрыскивания топлива форсункой

Уменьшение цикловой подачи насоса вызывает заметное снижение мощности дизеля и крутящего момента.

Рост неравномерности подачи топлива насосом по отдельным секциям ухудшает устойчивость работы дизеля на заданном режиме, увеличиваются динамические нагрузки на детали дизеля при одновременном снижении равномерности их распределения, что снижает показатели долговечности работы дизеля.

2.2. Регулировочная характеристика дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива

Установите угол опережения впрыскивания топлива 23 градуса до ВМТ в первом цилиндре дизеля по мениску.

Включите стенд, запустите дизель, установите заданную частоту вращения. Перемещением рейки установите подачу топлива, соответствующую нулевой нагрузке на валу дизеля. Нажатием кнопки «Пуск» электронного блока расходомера топлива введите в действие приборы, произведите отсчет и запишите значение параметров работы дизеля за время расходования им 50 г топлива (G_0).

Перемещением рейки увеличивайте подачу топлива, отклонение частоты вращения от заданной компенсируйте изменением нагрузки. Повторите опыт для показаний тормозного устройства 5, 10, 15, 20, 25, 30 и 35 кг.

Выключите стенд, по известным зависимостям рассчитайте значения параметров работы дизеля и нанесите на график показатели его работы при изменении нагрузки.

Измените угол опережения впрыскивания топлива. Произведите аналогичные испытания для установочных углов опережения впрыскивания топлива 26° и 29° при этой же частоте вращения. Полученные и обработанные данные нанесите на искомый график. Для заданного значения часового расхода топлива определите значения эффективной мощности и удельного эффективного расхода топлива при различных углах опережения впрыскивания топлива. По полученным данным постройте регулировочную характеристику по установочному углу опережения впрыскивания топлива. Проанализируйте данные, определите оптимальное значение установочного угла опережения впрыскивания топлива.

2.2.1. Анализ регулировочной характеристики дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива

Регулировочная характеристика дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива - это зависимость основ-

ных параметров его работы от установочного угла опережения впрыскивания топлива при постоянной частоте вращения коленчатого вала и постоянном часовом расходе топлива. На графике (рис. 2.2), представляющем эту регулировочную характеристику, по оси абсцисс откладывают значения установочного угла опережения впрыскивания топлива, а по оси ординат - основные показатели работы дизеля (эффективная мощность, удельный эффективный расход топлива, часовой расход топлива, значения КПД и т.д.). Для объяснения особенностей изменения основных показателей работы дизеля на различных установочных углах опережения впрыскивания топлива необходимо обратиться к индикаторным диаграммам рабочего цикла дизеля, представленным на рисунке 2.3.

При раннем установочном угле опережения впрыскивания топлива, по сравнению с оптимальным (кривая 3 на рис. 2.3), увеличивается период задержки воспламенения (первая фаза процесса сгорания), поскольку давление и температура воздуха в цилиндре в момент впрыскивания топлива меньше оптимальных. Больше времени потребуется на прогрев капель топлива, их испарение, формирование зон с достаточным количеством активных радикалов, способных воспламенить впрыснутое топливо. Больше времени уйдет и на развитие предпламенных реакций, протекающих в топливе, однако несколько улучшится однородность смеси.

К моменту самовоспламенения в камере сгорания накопится большое количество топлива, с которым происходят сложные физико-химические процессы, приводящие к образованию достаточного количества активных радикалов, инициирующих образование очагов самовоспламенения, вследствие чего при воспламенении топлива давление газов и скорость нарастания давления в цилиндре возрастут. Сгорание большей части топлива (вторая фаза) будет происходить до ВМТ, в уменьшающемся объеме, при ограниченных значениях максимальной скорости нарастания давления, увеличивая отрицательную работу цикла (работу сжатия). Максимум давления газов сдвигается ближе к ВМТ, что свидетельствует об уменьшении полезной работы цикла. Это вызывает повышение температуры и давления газов в процессе сгорания, что может привести к «жесткой» работе дизеля.

Повышенная скорость тепловыделения и быстрота нарастания давления газов в цилиндре определяют динамику действия газовых сил на детали КШМ. Значения $(dp/d\varphi)_{max}$, определяющие «жесткость» работы для современных дизелей, не должны превышать 0,8...1,0 МПа/градус.

Это все приводит к уменьшению значений индикаторного и эффективного КПД, индикаторной и эффективной мощности, увеличению удельного эффективного расхода топлива. На рисунке 2.2 это соответствует правой половине кривых, т.е. большим значениям установочного угла опережения впрыскивания топлива.

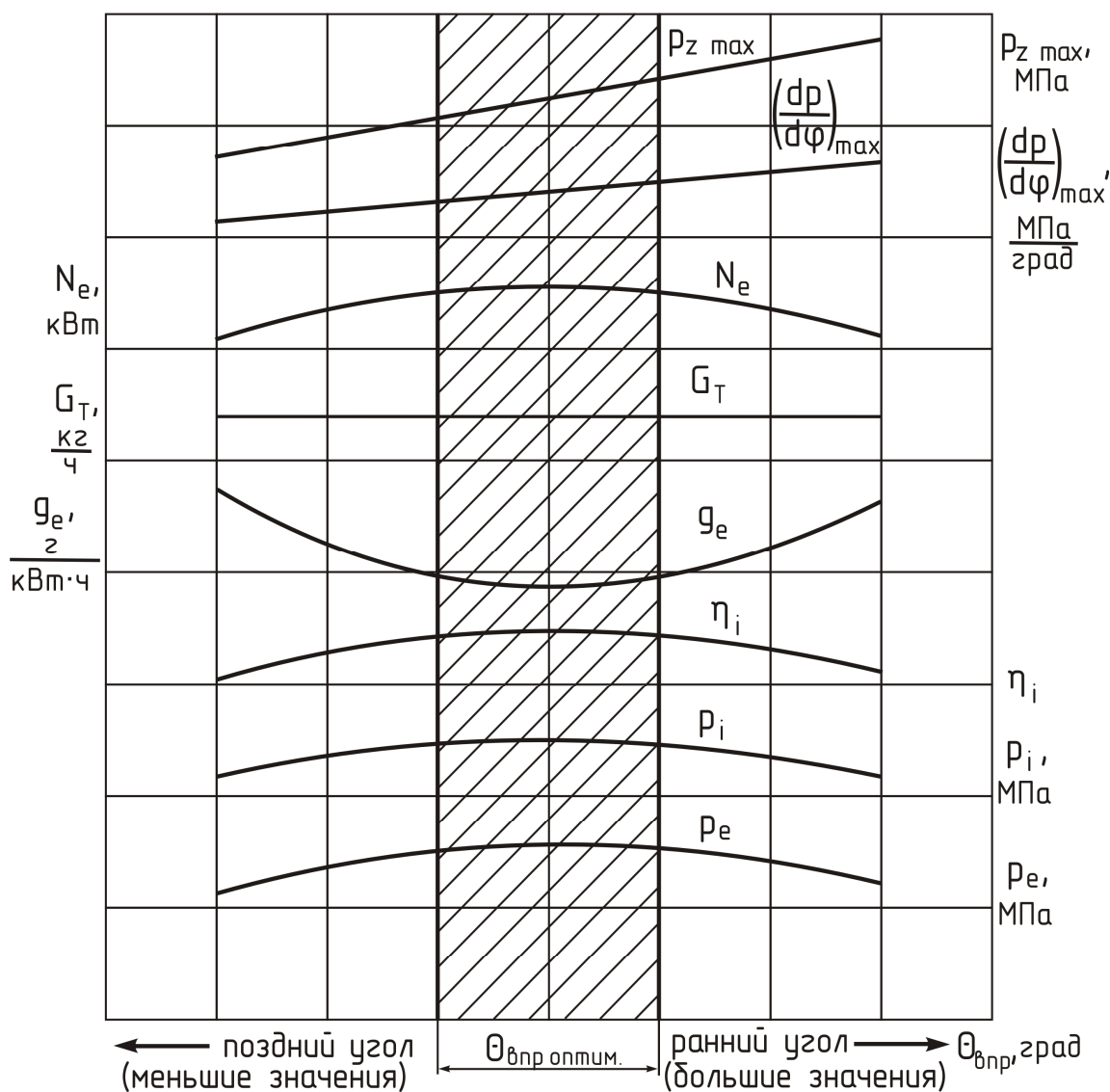


Рисунок 2.2 - Регулировочная характеристика дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива

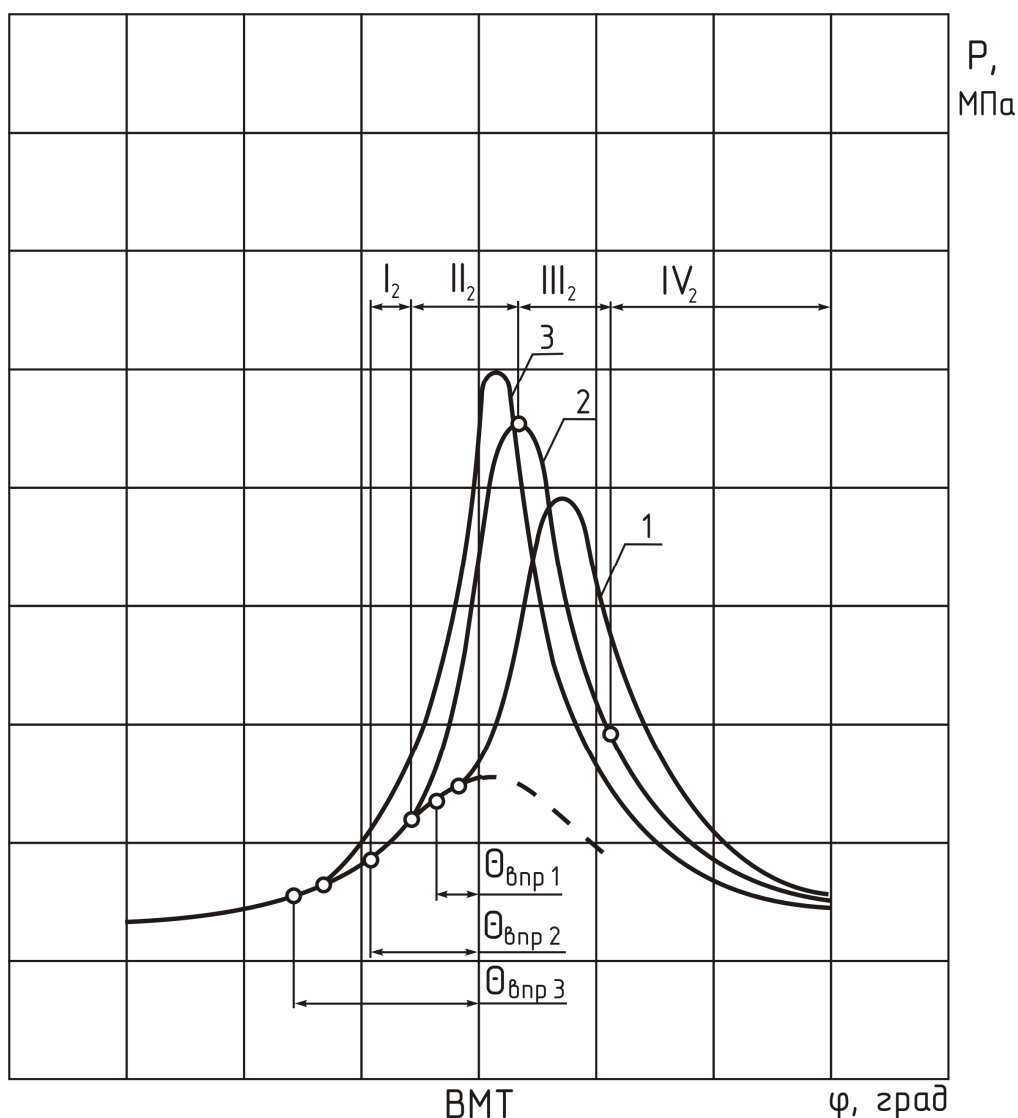


Рисунок 2.3 - Индикаторные диаграммы дизеля:

- 1 - поздний установочный угол опережения впрыскивания топлива;
- 2 - оптимальный установочный угол опережения впрыскивания топлива; 3 - ранний установочный угол опережения впрыскивания топлива;
- I - период задержки воспламенения (первая фаза); II - фаза быстрого горения (вторая фаза); III - фаза диффузионного горения (третья фаза);
- IV - фаза диффузионного догорания (четвертая фаза)

При позднем (кривая 1 на рис. 2.3) угле опережения впрыскивания топлива топливо впрыскивается в воздух, имеющий более высокое давление и температуру, чем при оптимальном значении этого угла.

Меньше требуется времени на прогрев капель топлива, их испарение, развитие предпламенных реакций, следовательно, период задержки воспламенения (первая фаза) сокращается, но все-

таки сдвигается вправо к ВМТ. При уменьшающейся отрицательной работе цикла (работе сжатия) максимальное значение давления газов в цилиндре также сдвигается вправо от ВМТ. К моменту воспламенения в цилиндр успевает поступить меньшее количество топлива, обуславливающее меньшие значения скорости нарастания давления газов в цилиндре, поэтому значения $(dp/d\varphi)_{max}$ не достигают номинальных показателей, сгорание протекает более «мягко», но менее эффективно, расширение газов наступает позднее, после ВМТ, в увеличивающемся объеме камеры сгорания, «вдогонку» уходящему поршню. Максимальное значение давления газов в цилиндре также снижается (третья фаза увеличивается). Наибольшая часть тепловыделения происходит на такте расширения, поэтому эффективность использования выделяющейся теплоты, полнота сгорания снижаются; растут потери тепла с отработавшими газами, увеличивая их температуру; уменьшаются индикаторный, механический и эффективный КПД и, как следствие, снижаются мощность и экономичность дизеля, растет удельный эффективный расход топлива. На рисунке 2.2 это соответствует левой половине кривых, т.е. меньшим значениям установочного угла опережения впрыскивания топлива.

При оптимальном (для заданной частоты вращения и нагрузке дизеля) угле опережения впрыскивания топлива (кривая 2 на рис. 2.3) рабочий процесс организован наилучшим образом. Топливо впрыскивается в воздух, имеющий оптимальные значения давления и температуры. Испарение топлива, развитие предпламенных реакций, накопление топлива за время первой фазы идут в оптимальных количествах и с оптимальными скоростями. Это обуславливает ее оптимальную продолжительность. Успешное протекание первой фазы положительно влияет на длительность других фаз процесса сгорания. Количество теплоты, выделяющееся за время второй фазы, составляет примерно 30 % от общей, вводимой за процесс сгорания с топливом, теплоты, а коэффициент активного тепловыделения составляет 0,3. Значения $(dp/d\varphi)_{max}$, определяющие «жесткость» работы дизеля на оптимальном установочном угле опережения впрыскивания топлива, не превышают 0,8 МПа/градус. Максимальное давление газов в цилиндре достигнет своего значения при повороте на $8^\circ \dots 10^\circ$ после ВМТ, что является оптимальным. Оптимальные соотношения

отрицательной и положительной работ цикла, скорости нарастания давления обеспечивают эффективное использование выделяющейся в процессе сгорания теплоты.

При оптимальном угле опережения впрыскивания топлива уже к концу третьей фазы коэффициент активного тепловыделения составляет 0,7...0,8. Это позволяет максимально повысить значения индикаторного, эффективного КПД, достичь наибольшей эффективной мощности и наименьшего удельного эффективного расхода топлива на единицу мощности. На рисунке 2.2 это соответствует средней, заштрихованной части кривых.

2.3. Регулировочная характеристика карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания

Включите стенд, запустите двигатель. Установите постоянную подачу топлива и заданную частоту вращения. Установите угол опережения зажигания минус 12° по октан-корректору. Нажатием кнопки «Пуск» электронного блока расходомера топлива введите в действие приборы, произведите отсчет и запишите значения параметров работы двигателя за время расходования им 50 г топлива (G_o).

Поворотом корпуса октан-корректора установите угол опережения зажигания 8° . Отклонение частоты вращения вала двигателя от заданной компенсируйте изменением нагрузки. Повторите опыт. Аналогично определите параметры работы двигателя для углов -4° , 0° , $+4^\circ$, $+8^\circ$, $+12^\circ$ по октан-корректору.

Остановите двигатель и выключите стенд. По известным зависимостям рассчитайте значения требуемых параметров работы двигателя на испытываемых режимах. Нанесите данные на график в журнале.

Проанализируйте полученные данные. Определите оптимальное значение угла опережения зажигания для заданного режима (нагрузки и частоты вращения).

2.3.1. Анализ регулировочной характеристики карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания

Регулировочная характеристика карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания - это зависимость основных параметров его работы от угла опережения зажигания при постоянной частоте вращения коленчатого вала и постоянном часовом расходе топлива. На графике, представляющем регулировочную характеристику, по оси абсцисс откладывают значения угла опережения зажигания, а по оси ординат - основные показатели работы двигателя (эффективная мощность, удельный эффективный расход топлива, максимальное давление газов в цилиндре, значения коэффициентов полезного действия и др.) (рис. 2.4). При регулировании карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания фактором внешнего воздействия на рабочий процесс будет являться лишь изменение угла опережения зажигания. Часовой расход топлива, а следовательно, количество топливовоздушной смеси, поступившей в цилиндр двигателя, остается неизменным. Соответственно, только от изменения угла опережения зажигания будут меняться мощность и экономичность карбюраторного двигателя.

От изменения угла опережения зажигания меняются полнота использования теплоты, температура, давление и условия гомогенизации и турбулизации заряда в период развития процесса сгорания.

Двигатель развивает наибольшую мощность и имеет наименьший удельный расход топлива, если давление в цилиндре достигает максимума при повороте коленчатого вала на угол $12^\circ \dots 15^\circ$ после верхней мертвой точки (ВМТ), а начало быстрого нарастания давления соответствует положению кривошипа за $12^\circ \dots 15^\circ$ до ВМТ, т.е. основная фаза процесса сгорания делится линией ВМТ примерно пополам.

Сгорание при этом не заканчивается и максимальная осредненная температура газов в цилиндре продолжает возрастать, достигая максимума при $20^\circ \dots 25^\circ$ после ВМТ. Длительность второй фазы процесса сгорания составляет при этом $25^\circ \dots 30^\circ$.

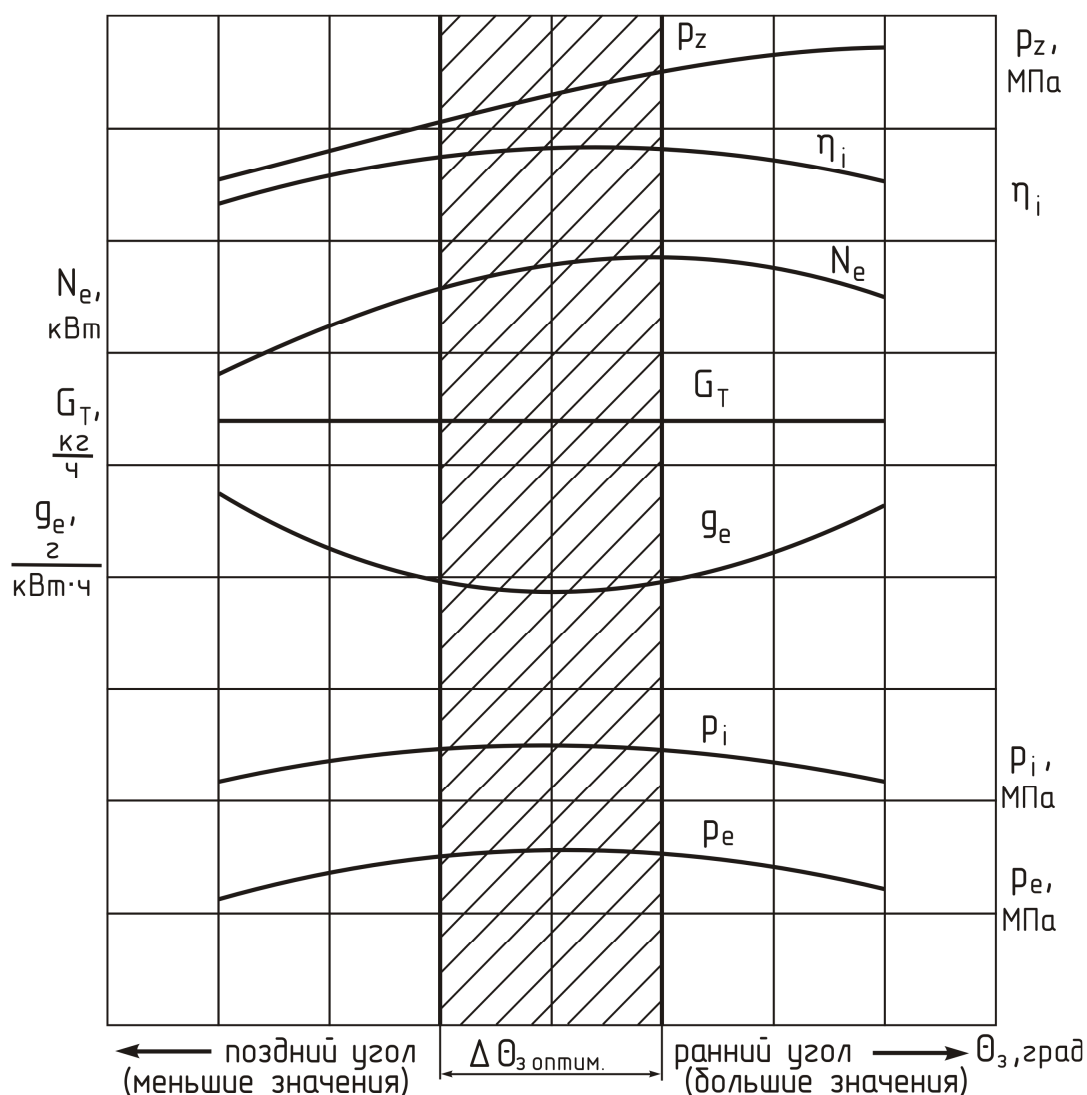


Рисунок 2.4 - Регулировочная характеристика карбюраторного двигателя по углу опережения зажигания

Отклонение угла опережения зажигания от оптимального ($25^\circ \dots 30^\circ$ до ВМТ) в любую сторону вызывает существенное изменение индикаторной диаграммы цикла (рис. 2.5). При раннем угле опережения зажигания, по сравнению с оптимальным, большая часть топливовоздушной смеси сгорает до прихода поршня в ВМТ в условиях уменьшающегося объема цилиндра (кривая 3 на рис. 2.5). Если проанализировать изменение фаз процесса горения при раннем угле, то необходимо отметить, что первая фаза увеличивается. Это объясняется тем, что подача искры на электроды свечи зажигания происходит при меньшем давлении и меньшей температуре топливовоздушной смеси, чем при оптимальном угле зажигания. Это увеличивает время на формирование фронта

пламени, поскольку он медленнее распространяется от электродов свечи зажигания. Тепловыделение происходит медленнее, больший период времени пройдет до момента отрыва линии сгорания от линии сжатия-расширения на индикаторной диаграмме. Длительность второй фазы процесса горения по углу поворота коленчатого вала изменяется незначительно, но она в большей части протекает до ВМТ.

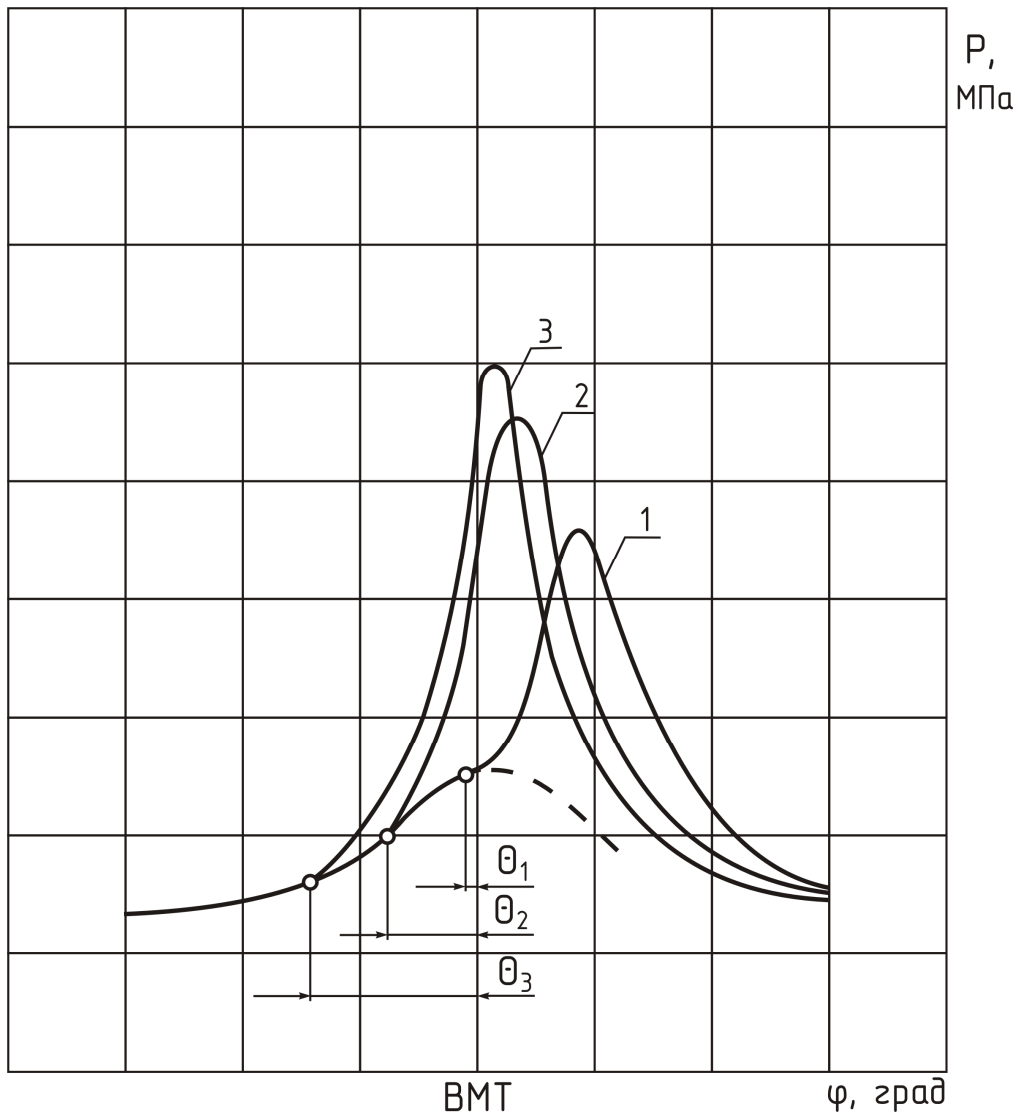


Рисунок 2.5 - Индикаторные диаграммы карбюраторного двигателя:
 1 - при позднем угле опережения зажигания;
 2 - при оптимальном угле опережения зажигания;
 3 - при раннем угле опережения зажигания

Длительность третьей фазы несколько увеличивается за счет увеличения первой, но протекает она при меньших значениях

температуры и давления, так как линия давления сдвигается к ВМТ и ниже кривой при оптимальном угле опережения зажигания (линия 2 на рис. 2.5).

Это говорит о том, что сгорает меньшее количество топливовоздушной смеси. При снижении количества топлива, сгорающего в третьей фазе, трудно добиться эффективного горения в пристеночных слоях на заключительной стадии процесса сгорания. Очевидно, что снизится и скорость мелкомасштабного турбулентного горения. Все это приводит к тому, что при раннем угле опережения зажигания вследствие ухудшения процессов при формировании фронта пламени, сгорании, подводе теплоты, увеличении работы сжатия уменьшаются значения индикаторного коэффициента полезного действия (КПД), снижаются индикаторная и эффективная мощности, увеличивается удельный эффективный расход топлива.

При позднем (по сравнению с оптимальным) установочном угле опережения зажигания (левая часть графиков на рис. 2.4) искра на электроды свечи зажигания подается позднее. На индикаторной диаграмме это соответствует кривой 1 (рис. 2.5). Фронт пламени начинает формироваться в топливовоздушной среде, имеющей большую температуру и давление. Сокращается длительность первой фазы из-за возрастания скорости горения, фронт пламени формируется быстрее, но начало видимого горения все же сдвигается вправо к ВМТ (процесс сгорания «заваливается»). Несмотря на уменьшение отрицательной работы сжатия, значение максимального давления газов в цилиндре снижается. Снижается скорость нарастания давления газов в цилиндре, тепловыделение происходит в такте расширения при увеличивающемся объеме цилиндра во время движения поршня вниз. Снижается эффективность использования выделяющейся теплоты, увеличивается отвод теплоты в охлаждающую среду и с отработавшими газами, растет их температура, ухудшается экономичность и мощность двигателя, снижаются значения индикаторного КПД.

При оптимальном угле опережения зажигания (средняя часть графиков на рис. 2.5) для заданных частоты вращения и нагрузки рабочий процесс в цилиндре организован наилучшим образом. На рисунке 2.5 это соответствует кривой 2. Искра на электроды свечи зажигания подается в момент создания в цилиндре

дре оптимального давления и температуры топливовоздушной смеси. Это приводит к тому, что первая фаза процесса сгорания имеет оптимальные параметры, а скорость сгорания - наилучшие значения.

Успешное протекание первой фазы приводит к тому, что максимальное давление газов в цилиндре и начало быстрого нарастания давления достигают своих значений в оптимальные моменты, когда подвод теплоты и эффективность ее использования наилучшие (кривая 2 на рис. 2.5).

Оптимальные соотношения отрицательной и положительной работ цикла, скорости нарастания давления обеспечивают эффективное использование выделяющейся в процессе сгорания теплоты.

Индикаторный, эффективный и механический КПД имеют свои наибольшие значения для заданного режима работы двигателя. Это приводит к тому, что двигатель развивает наибольшее значение эффективной мощности при наименьших значениях удельного эффективного расхода топлива (средняя часть графиков на рис. 2.4).

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ

1. Что такое регулировочная характеристика? Каковы ее назначение, методика снятия и построения?
2. Как и почему изменение давления начала впрыскивания форсунки влияет на величину цикловой подачи?
3. Почему для построения регулировочной характеристики дизеля по установочному углу опережения впрыскивания топлива снимается серия нагрузочных характеристик при различных значениях угла?
4. Почему при увеличении (уменьшении) оптимального значения угла опережения зажигания для карбюраторного двигателя и установочного угла опережения впрыскивания топлива для дизеля ухудшаются их эффективные показатели работы?
5. Каким образом достигаются оптимальные значения углов опережения зажигания и опережения впрыскивания топлива у современных двигателей на различных режимах их работы?

РАБОТА № 3

3. Нагрузочные характеристики

Назначение характеристики - оценка влияния степени нагрузки на основные показатели работы ДВС и ТА.

Цель работы - закрепить знания устройства и работы приборов и оборудования, применяемых при стендовых испытаниях ДВС и ТА, освоить методики снятия и построения нагрузочных характеристик, определить допустимые режимы нагрузки.

Задачи работы:

- закрепить знания устройства и работы приборов и оборудования, применяемых при стендовых испытаниях ДВС и ТА;
- изучить методики и научиться снимать нагрузочные характеристики;
- на основе полученных опытных и расчетных данных построить нагрузочные характеристики дизеля, карбюраторного двигателя и ТНВД;
- провести анализ характера изменения кривых;
- определить допустимые режимы нагрузки двигателя.

3.1. Нагрузочная характеристика ТНВД

Включите стенд, установите заданную частоту вращения и равное ей количество циклов на задатчике электронного блока. Зафиксируйте рейку ТНВД в положении выключенной подачи топлива. Определяйте количество подаваемого топлива секциями насоса при равномерном (через 1 мм) перемещении рейки до положения, соответствующего максимальному значению подачи при постоянном количестве циклов.

Определите цикловую подачу и неравномерность подачи топлива по секциям насоса. Нанесите полученные данные на график.

3.1.1. Анализ нагрузочной характеристики ТНВД

Нагрузочная характеристика ТНВД (по подаче топлива)

снимается при постоянной частоте вращения кулачкового вала и равномерном перемещении рейки (вращении винта номинальной подачи) на увеличение подачи.

Строится нагрузочная характеристика в функции условной шкалы перемещения рейки (оборотов винта номинальной подачи).

Перемещение рейки в сторону увеличения подачи вызывает поворот зубчатого сектора и втулки и увеличение активного хода плунжера. В результате зависимость цикловой подачи насоса от хода рейки представляется почти линейной (рис. 3.1).

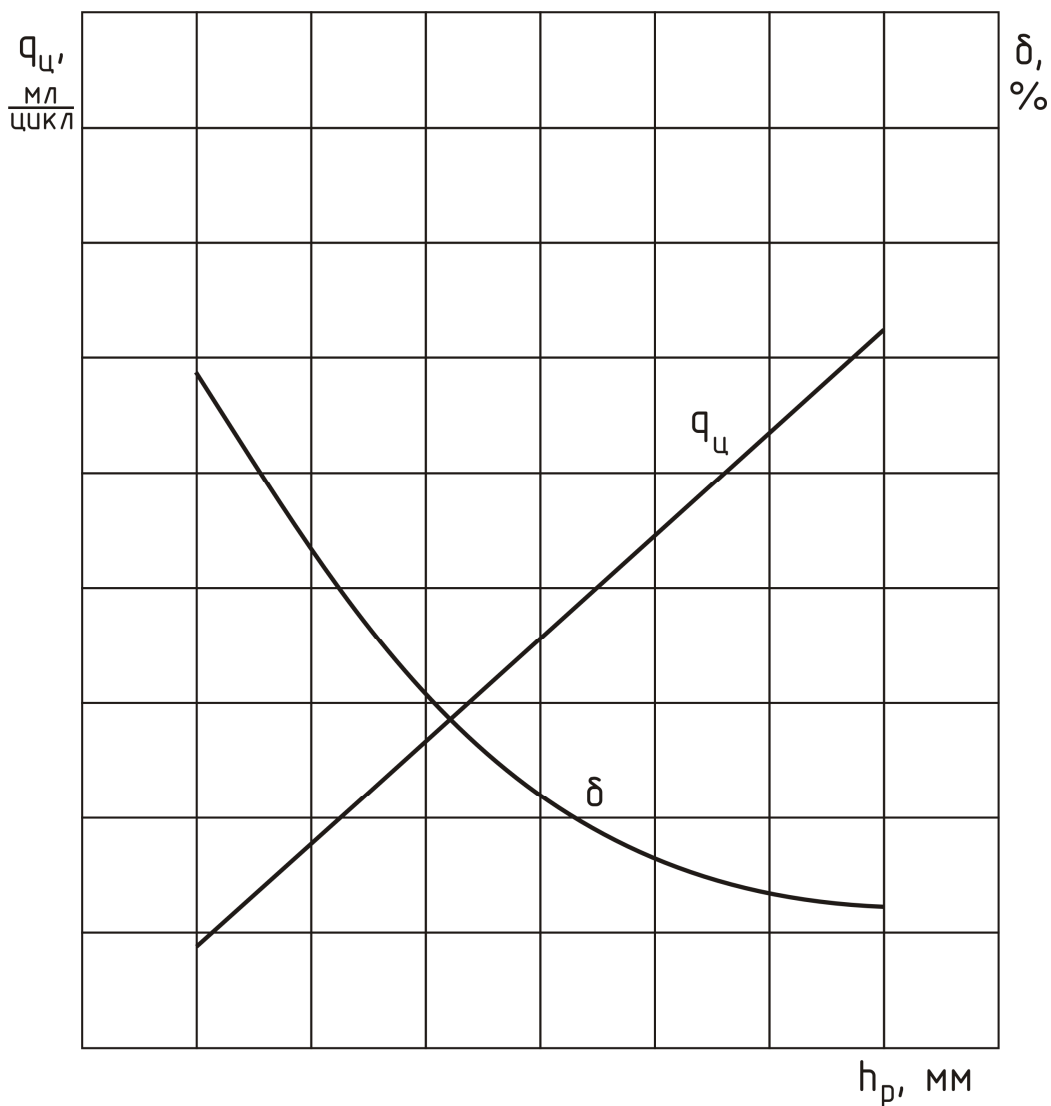


Рисунок 3.1 - Нагрузочная характеристика ТНВД

Одновременно неравномерность подачи топлива по секциям насоса снижается до допустимого значения, так как отклонение

цикловой подачи секции от среднего значения при увеличении этого среднего значения в процентном отношении уменьшается. Дело в том, что обычно неравномерность определяется как отношение величины отклонения подачи к ее среднему значению. При этом величина отклонения задается плотностью плунжерной пары и всегда постоянна (так как длительность впрыскивания изменяется не в очень большой степени), а среднее значение подачи с увеличением нагрузки возрастает в несколько раз.

Наибольшее значение цикловой подачи должно превышать ее номинальное значение не менее чем в два раза. Соблюдение указанного условия позволяет обеспечивать коррекцию подачи при пусках и перегрузке дизеля, получать требуемую величину подачи даже при значительных износах плунжерных пар, а также обеспечивает возможность работы дизеля на альтернативных топливах с меньшей, чем у дизельного топлива, низшей расчетной теплотой сгорания и, соответственно, большей цикловой подачей.

3.2. Нагрузочная характеристика дизеля

Включите стенд, запустите дизель. Изменением нагрузки и подачи топлива установите заданную частоту вращения коленчатого вала дизеля при нулевом значении нагрузки. Определите показания приборов в установленном режиме.

Равномерно увеличивая подачу топлива до максимального значения при постоянной частоте вращения вала, определите показания приборов не менее чем при 7 значениях нагрузки.

Полученные опытные и расчетные данные нанесите на график.

Проанализируйте характер изменения кривых в зависимости от нагрузки дизеля, определите допустимые значения нагрузки.

3.2.1. Анализ нагрузочной характеристики дизеля

Нагрузочная характеристика дизеля - это зависимость основных параметров его работы от нагрузки при постоянной ча-

стоте вращения коленчатого вала.

Снимают нагрузочную характеристику при оптимальном для данной частоты вращения установочном угле опережения впрыскивания топлива путем последовательного увеличения подачи топлива в пределах изменения нагрузки от минимальной до полной.

На графике, представляющем нагрузочную характеристику, по оси абсцисс откладывают параметры, по которым судят о нагрузке (среднее эффективное давление и др.), а по оси ординат - основные показатели работы дизеля (рис. 3.2).

При работе дизеля по нагрузочной характеристике фактором внешнего воздействия на рабочий процесс является только изменение количества топлива, поступающего в цилиндр за цикл. При этом изменяются условия протекания рабочего процесса, а следовательно, мощность и экономичность дизеля.

Основным параметром, оценивающим экономичность работы дизеля, является удельный эффективный расход топлива.

При нагрузке, соответствующей режиму холостого хода (левая часть рис. 3.3), $N_e = 0$ и $\eta_m = 0$, поэтому $g_e \rightarrow \infty$.

Эффективные показатели дизеля тем лучше, чем выше использование теплоты и меньше механические потери в дизеле.

При малых нагрузках дизеля коэффициент избытка воздуха равен 3,5...4,0. Максимальные значения предела эффективного обеднения смеси определяются качеством процессов распыливания топлива, смесеобразования, турбулизации заряда, интенсификации диффузионного догорания топлива в последней части заряда.

Впрыскиваемая на малых нагрузках небольшая цикловая доза топлива не успевает равномерно смешаться с находящимся в камере сгорания воздухом, и топливовоздушная смесь в локальных зонах горения при общей большой обедненности смеси оказывается значительно обогащенной. Это увеличивает скорость и полноту сгорания в локальных зонах при уменьшении цикловой дозы топлива и, следовательно, нагрузки при общем коэффициенте избытка воздуха, равном 3,0...3,5. Тем самым объясняется устойчивая работа дизеля при этом составе смеси. Уменьшением количества выделяющейся теплоты и степенью ее использования

(из-за возрастания действительной степени расширения продуктов сгорания) объясняется рост индикаторного удельного расхода топлива и уменьшение индикаторного КПД.

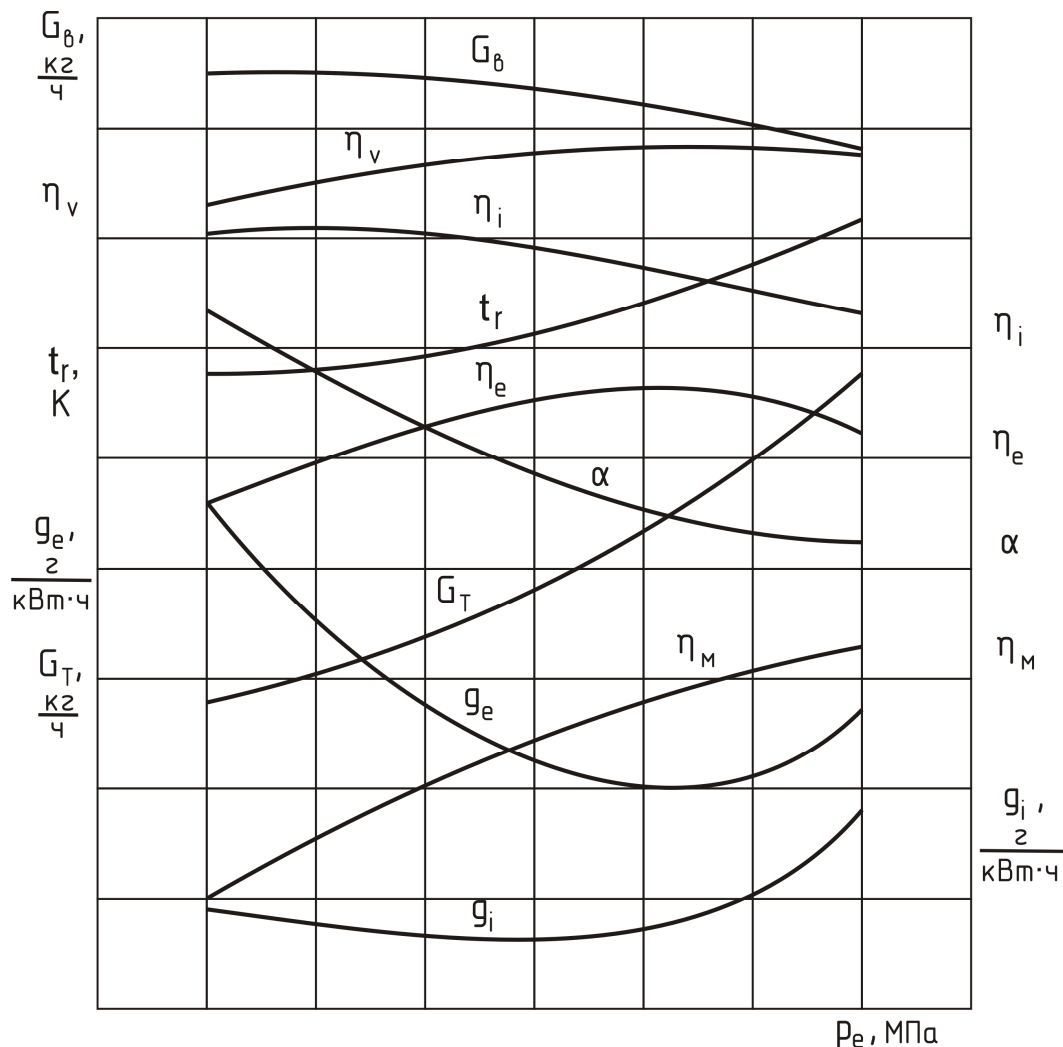


Рисунок 3.2 - Нагрузочная характеристика дизеля

При значительном обеднении смеси ($\alpha > 4,0$), соответствующем очень малым нагрузкам дизеля, полнота сгорания уменьшается. Это связано со снижением температурного режима дизеля, ухудшением качества распыливания, что приводит к возрастанию периода задержки воспламенения и, соответственно, к нарушению условий смесеобразования. При больших задержках значительная часть капель топлива успевает испариться и образовать зоны однородной переобедненной смеси, в которой горение сильно замедленно или вообще невозможно.

С ростом нагрузки в дизелях происходят следующие процессы. Уменьшается коэффициент избытка воздуха. Растет механический КПД, вследствие чего растет индикаторный КПД, снижается удельный эффективный расход топлива, причем чем быстрее повышается η_m , тем быстрее снижается g_e .

С увеличением нагрузки повышается температура масляного слоя, что до определенной степени снижает потери на трение, дальнейшее повышение нагрузки вызывает оказывающий влияние рост давления газов в цилиндре, что должно приводить к их увеличению. Однако можно считать потери на трение в дизелях с изменением нагрузки почти неизменными.

Так как $N_e = N_i - N_m$, то с увеличением нагрузки все большее количество теплоты идет на совершение эффективной работы, поэтому растут значения N_e и крутящего момента.

С увеличением цикловой дозы топлива растет часовой расход топлива и температура отработавших газов, по ее значениям должна контролироваться допустимая температура наиболее ответственных деталей дизеля.

Оптимальные значения эффективного КПД и удельного эффективного расхода топлива в дизеле имеют место при определенной нагрузке - 80...85 % от полной. Именно в этом же диапазоне нагрузок имеет максимальное значение η_e и минимальное - g_e . Коэффициент избытка воздуха при этом составляет $\alpha = 1,4...1,5$.

Достижение максимума η_e свидетельствует о наибольшей эффективности использования теплоты в дизеле при данной нагрузке. Именно здесь достигается оптимальная скорость процесса сгорания топлива из-за высокого качества его распыливания и хорошего смесеобразования, т.е. лучшая организация рабочего процесса дизеля, обеспечивающая возможность длительной и надежной его работы с наибольшей экономичностью (средняя часть кривых на рис. 3.2).

Как правило, увеличение цикловой дозы топлива ограничивают некоторым значением. Если этого не придерживаться, то дальнейшее увеличение нагрузки при $\alpha > 1,3$ приведет к резкому ухудшению процесса сгорания. В первую очередь это объясняется недостатком в воздухе кислорода, необходимого для окисления впрыснутого в цилиндр топлива. Полное сгорание топлива не

обеспечится, резко повысится температура газов в цилиндре. В условиях высокой температуры и недостатка кислорода в воздухе несгоревшее углеводородное топливо будет подвергаться пиролизу (термическому крекингу) с образованием твердых частиц углеводородов - сажи. Сажа вместе с отработавшими газами будет выбрасываться в атмосферу - дизель начнет дымить. Повышение температуры газов в цилиндре дизеля приводит к перегреву деталей цилиндропоршневой группы, что может вывести дизель из строя.

На нагрузочной характеристике (правая часть графиков на рис. 3.2) о такой недопустимой нагрузке будет свидетельствовать резкое увеличение значений g_e , g_i , G_m , t_r , дымности отработавших газов, понижение α , η_i , η_e .

3.3. Нагрузочная характеристика карбюраторного двигателя

Включите стенд, запустите двигатель.

Изменением нагрузки и подачи топлива установите заданную частоту вращения коленчатого вала двигателя при нулевом показании тормозного устройства. Определите показания приборов в установленном режиме.

Увеличивайте подачу топлива. Одновременно отклонение частоты вращения вала от заданной компенсируйте увеличением нагрузки на валу двигателя.

Равномерно увеличивая подачу топлива, а следовательно, и нагрузку на валу двигателя до максимального значения, определите показания приборов не менее чем при 7 значениях нагрузки двигателя.

Полученные опытные и расчетные данные нанесите на график.

Проанализируйте характер изменения кривых в зависимости от нагрузки двигателя, определите оптимальные режимы работы (допустимые значения нагружения).

3.3.1. Анализ нагрузочной характеристики карбюраторного двигателя

Нагрузочная характеристика карбюраторного двигателя - это зависимость основных параметров его работы от нагрузки (рис. 3.3). Снимается характеристика при постоянной частоте вращения коленчатого вала и изменении открытия дроссельной заслонки от соответствующего холостому ходу до полного ее открытия.

Так как в условиях эксплуатации карбюраторный двигатель работает в широком диапазоне частоты вращения, то для всестороннего анализа желательно снимать несколько нагрузочных характеристик для различных значений частоты вращения. При этом для каждого режима устанавливается оптимальный угол опережения зажигания.

С повышением нагрузки двигателя часовой расход топлива начинает увеличиваться (слева направо по рис. 3.3), так как увеличивается разрежение в диффузоре при открытии дроссельной заслонки. Соответственно, увеличение количества сгорающего в цилиндре топлива вызывает более сильный нагрев стенок цилиндра, рост средней температуры цикла и температуры отработавших газов. Одновременно растет количество образующихся при сгорании газов, а значит, среднее индикаторное и среднее эффективное давления.

Эффективная мощность и крутящий момент двигателя, прямо пропорционально зависящие от значений среднего эффективного давления, также начинают возрастать. Ввиду того, что в карбюраторном двигателе топливо поступает в цилиндр в виде топливовоздушной смеси, при увеличении нагрузки (открытии заслонки) расход воздуха также увеличивается. Зависимость коэффициента избытка воздуха от нагрузки неоднозначна. При малых нагрузках и почти полностью закрытой заслонке (левая часть графика, на рис. 3.3) система холостого хода обеспечивает обогащение смеси, значение коэффициента избытка воздуха мало. С увеличением нагрузки смесь все более обедняется. Наиболее экономичная работа двигателя обеспечивается карбюратором на нагрузках, составляющих 75...85 % от полной.

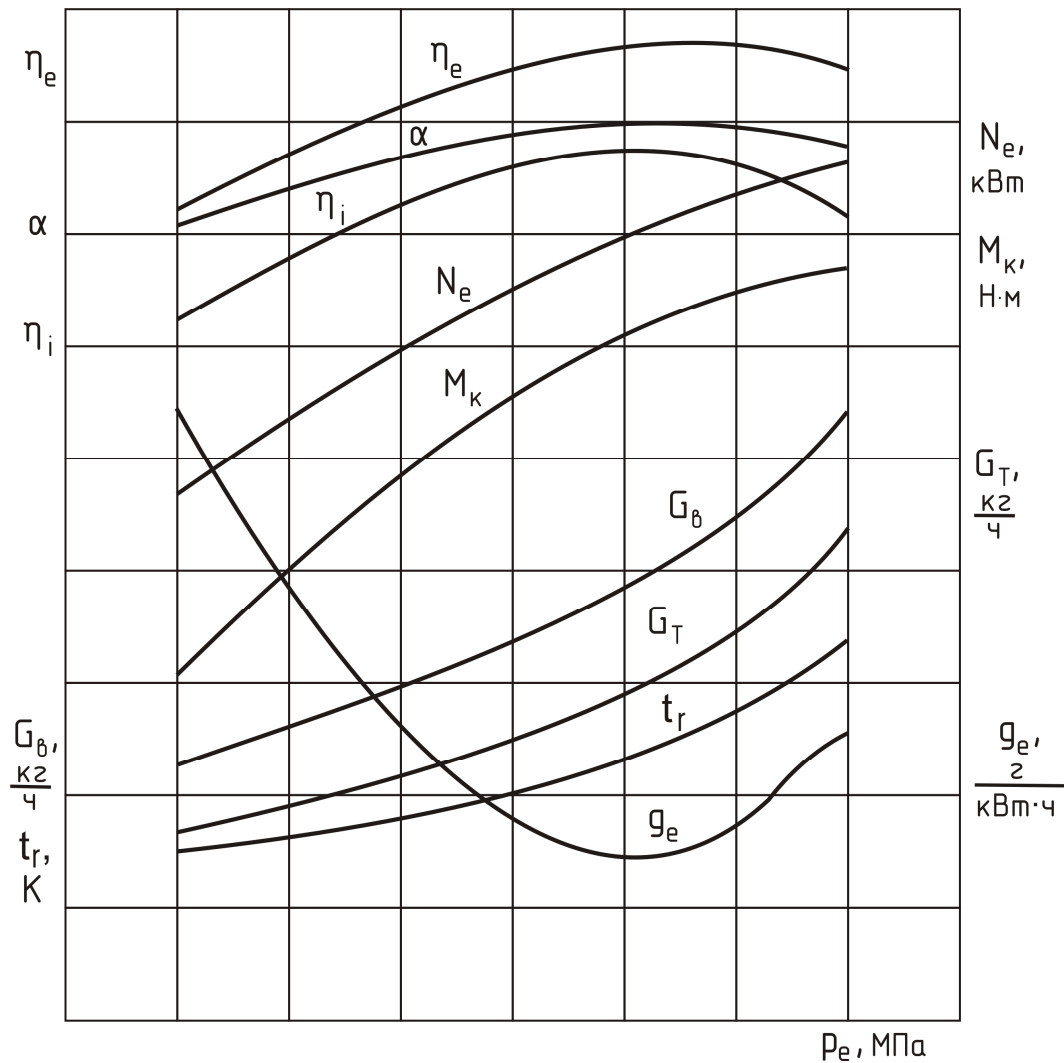


Рисунок 3.3 - Нагрузочная характеристика карбюраторного двигателя

Соответственно, на этих режимах наибольшие значения коэффициента избытка воздуха (средняя часть графика, на рис. 3.3). Наибольшую мощность двигатель развивает на более богатых смесях, что обеспечивается работой экономайзера. Поэтому значение коэффициента избытка воздуха снижается (правая часть графика на рис. 3.3).

Изменение топливной экономичности и эффективности работы двигателя в функции нагрузки удобно оценить по кривым изменения удельного эффективного расхода топлива и эффективного КПД. При малых значениях нагрузки почти вся мощность, развиваемая двигателем, тратится на преодоление механических потерь, эффективная работа не производится или мала. Соответственно, эффективный КПД близок к нулю, а удельный

эффективный расход топлива достигает максимальных значений (левая часть графиков на рис. 3.3).

При увеличении нагрузки механические потери изменяются мало (частота вращения постоянна) и все большая доля теплоты затрачивается на совершение эффективной работы. При этом эффективный КПД растет, а удельный эффективный расход топлива снижается. Наименьшие значения удельный эффективный расход топлива принимает на нагрузках 75...85 % от полной, так как эту мощность двигатель развивает на обедненных смесях (средняя часть графиков на рис. 3.3). В этом интервале нагрузок достигаются максимальные значения эффективного КПД. Дальнейший рост мощности обеспечивается за счет дополнительного обогащения смеси, а значит, ухудшения топливной экономичности. В итоге удельный эффективный расход топлива опять растет, а эффективный КПД снижается (правая часть графиков на рис. 3.3).

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ

1. Что такое нагрузочная характеристика? Каковы ее назначение, методика снятия и построения?
2. Почему при увеличении (уменьшении) нагрузки от номинального значения ухудшаются эффективные показатели работы двигателя?
3. Почему при увеличении нагрузки часовой расход воздуха у дизеля снижается, а у карбюраторного двигателя, наоборот, возрастает?
4. Что, на ваш взгляд, предпочтительнее: работа двигателя с частичной перегрузкой или с частичной недогрузкой?
5. Каким образом степень нагрузки влияет на долговечность и надежность работы двигателя?
6. Сравните нагрузочные характеристики дизеля и карбюраторного двигателя. Чем обосновано их различие?
7. Почему нельзя выключать нагрузку без уменьшения подачи топлива? Каким образом это условие реализовано на современных автотракторных ДВС?

РАБОТА № 4

4. Скоростные характеристики

Назначение характеристики - определение влияния частоты вращения на основные показатели работы ДВС и ТА, определение минимальной и максимальной рабочих частот вращения, определение частоты вращения при максимальном крутящем моменте и оценка характера работы ограничителя частоты вращения.

Цель работы - закрепить знания устройства и работы приборов и оборудования, применяемых при стендовых испытаниях ДВС и ТА, освоить методики снятия и построения скоростных характеристик, определить оптимальные и допустимые значения частот вращения.

Задачи работы:

- закрепить знания устройства и работы приборов и оборудования, применяемых при стендовых испытаниях ДВС и ТА;
- изучить методики снятия скоростных характеристик;
- снять и построить скоростные характеристики дизеля, карбюраторного двигателя и ТНВД при включенном и при выключенном регуляторе частоты вращения;
- по данным скоростной характеристики дизеля с включенным регулятором частоты вращения построить регуляторную характеристику дизеля;
- оценить влияние регулятора частоты вращения на изменение показателей работы ДВС и ТА. Сделать соответствующие выводы.

4.1. Скоростная характеристика ТНВД

Регулятор включен.

Зафиксируйте рычаг управления регулятором в положении, соответствующем максимальному скоростному режиму (внешняя скоростная характеристика) или любом промежуточном положении (частичная скоростная характеристика). Установите частоту вращения вала ТНВД при пусковых частотах дизеля и равное ей

количество циклов на задатчике электронного блока. Произведите замер подачи топлива секциями насоса на установленном режиме.

Равномерно увеличивайте частоту вращения до полного выключения подачи и, соответственно, увеличивайте число циклов на задатчике электронного блока.

Определите количество подаваемого топлива не менее чем при 7 значениях частоты вращения.

Рассчитайте значения цикловой подачи и неравномерности подачи топлива по секциям насоса для каждого опыта, полученные данные нанесите на график. Определите частоту вращения для характерных режимов работы, рассчитайте степень положительной коррекции.

Обозначьте пусковой, корректорный и регуляторный интервалы частот вращения на характеристике.

Регулятор выключен.

Зафиксируйте рейку ТНВД в установившемся положении на номинальном режиме (внешняя скоростная характеристика) или другом промежуточном положении (частичная скоростная характеристика).

Определите количество подаваемого топлива секциями насоса при тех же частотах вращения и соответствующих им показаниях счетчика циклов, что и в разделе «регулятор включен».

Рассчитайте значения цикловой подачи и неравномерности подачи топлива по секциям насоса для каждого опыта, полученные данные нанесите на график.

Проанализируйте полученные данные, сравните их с данными скоростной характеристики ТНВД с включенным регулятором, обоснуйте причины изменения данных.

4.1.1. Анализ скоростных характеристик ТНВД

Скоростная характеристика ТНВД снимается при изменении частоты вращения кулачкового вала от минимальной до максимальной по ТУ при фиксированном положении рычага управле-

ния регулятором или фиксированном положении рейки.

В первом случае регулятор частоты вращения может оказывать влияние на изменение подачи. Это скоростная характеристика с включенным регулятором. Вторая характеристика - скоростная с выключенным регулятором частоты вращения.

Для того чтобы иметь возможность правильной оценки влияния регулятора на подачу топлива, при снятии скоростной характеристики с выключенным регулятором рейку насоса обычно фиксируют в том положении, какое она займет сама на номинальной частоте вращения при неизменном положении (выбранном для снятия характеристики) рычага управления регулятором. При этом в случае упора рычага управления регулятором в винт ограничения максимальной частоты вращения обе характеристики являются внешними. Если же рычаг управления регулятором занимал какое-то промежуточное положение, полученные характеристики - частичные.

Рассмотрим внешние скоростные характеристики ТНВД, вначале с включенным, а затем с выключенным регулятором (рис. 4.1). На частоте вращения вала насоса при пусковых оборотах коленчатого вала дизеля грузики регулятора сведены и не оказывают воздействия на величину подачи, рейка устанавливается в положение максимальной подачи. После пуска дизеля при увеличении частоты вращения коленчатого вала центробежная сила грузиков увеличивается и подача топлива уменьшается до достижения равновесного положения муфты, на которую с одной стороны действует усилие пружины регулятора, а с другой стороны центробежная сила грузиков - режим минимально устойчивой частоты вращения холостого хода. Интервал частоты вращения между отмеченными значениями подачи называется пусковым (интервал I на рис. 4.1). На номинальном режиме центробежная сила вращающихся грузиков также уравнивается усилием растянутой пружины регулятора, однако при регулировке добиваются того, чтобы значение подачи при этом соответствовало заданному, а плоскость основного рычага регулятора при этом едва касалась плоскости головки винта номинальной подачи.

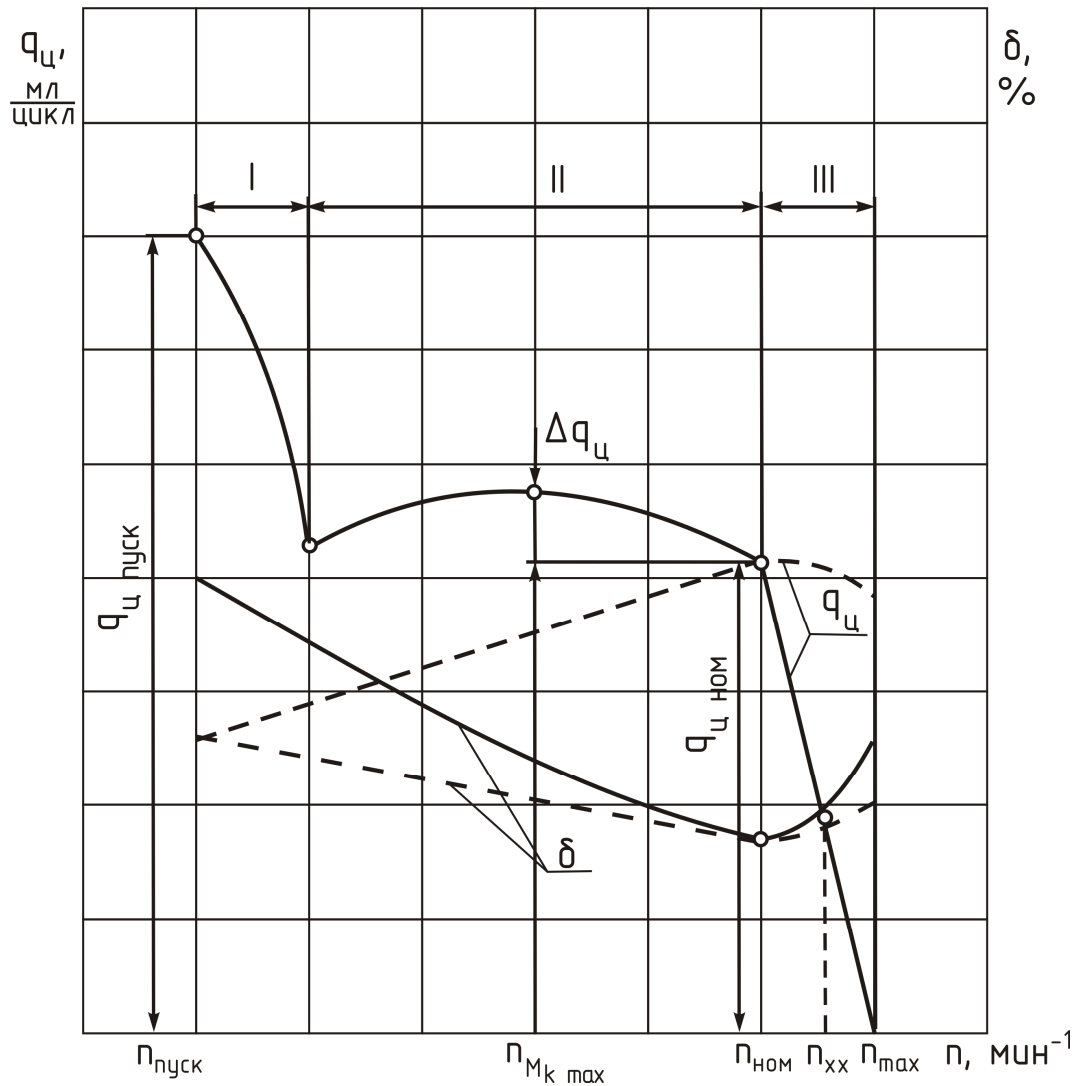


Рисунок 4.1 - Скоростные характеристики ТНВД:

————— - регулятор включен;

- - - - - регулятор выключен

При уменьшении частоты вращения от номинальной, что соответствует режиму перегрузки дизеля, центробежная сила грузиков снижается. Однако основной рычаг регулятора не может переместиться в сторону увеличения подачи, хотя усилие пружины не изменилось, так как он упирается в головку винта номинальной подачи. В этом случае вступает в работу корректор. Шток корректора под действием предварительно сжатой пружины корректора выдвигается и отталкивает промежуточный рычаг регулятора от основного, заставляя его поворачиваться. Поскольку рейка имеет связь со свободным концом промежуточного рычага, то она движется в сторону увеличения подачи, позволяя ди-

зелью преодолевать увеличение нагрузки. Полностью выдвинутый шток корректора соответствует увеличению подачи $\Delta q_{ц}$ на 12...25 % (в зависимости от типа насоса) против номинальной.

Эта величина называется степенью коррекции, а частота вращения, соответствующая полному включению корректора (наибольшему увеличению подачи и наибольшей способности дизеля преодолевать перегрузки), называется частотой вращения при максимальном крутящем моменте.

При дальнейшем уменьшении частоты вращения подача топлива будет уменьшаться, так как увеличатся гидравлические потери за увеличивающееся время впрыскивания (у дизелей с наддувом это соответствует интервалу работы антикорректора). Рассмотренный интервал частоты вращения называется корректорным (интервал II на рис. 4.1). При увеличении частоты вращения свыше номинальной центробежная сила вращающихся грузиков будет постепенно превышать усилие растянутой пружины и рейка насоса начнет двигаться в сторону выключения подачи. На какой-то частоте вращения подача полностью прекратится - будет достигнута максимальная частота вращения по ТУ.

Этот интервал работы называется регуляторным (интервал III на рис. 4.1). В случае снятия характеристики с выключенным регулятором рейка фиксируется в номинальном режиме, поэтому значения подач на номинальной частоте вращения совпадают. Ни регулятор, ни корректор не способны оказать влияние на изменение подачи, поэтому на всех частотах вращения подача изменяется мало. При уменьшении частоты вращения от номинальной подача снижается, так как увеличивается время впрыскивания и, соответственно, растут гидравлические потери за это время. При увеличении частоты вращения подача также начнет снижаться, так как ухудшается наполнение надплунжерного пространства за сокращаемое время.

Неравномерность подачи топлива по секциям насоса во всех случаях растет при уменьшении средней величины подачи и снижается при ее увеличении.

4.2. Скоростная характеристика дизеля

Регулятор включен.

Включите стенд, запустите дизель. Установите рычаг управления регулятором в положении полной подачи топлива (внешняя скоростная характеристика) или любом промежуточном положении (частичная скоростная характеристика), нагрузите дизель.

Уменьшением нагрузки тормозного устройства увеличивайте частоту вращения до максимального значения. Определите показания приборов не менее чем при 7 значениях частоты вращения.

Остановите дизель и выключите стенд. По известным зависимостям рассчитайте значения параметров, нанесите данные на график. Проанализируйте характер изменения кривых.

Определите частоту вращения начала срабатывания регулятора, максимальную частоту вращения холостого хода, частоту вращения при максимальном крутящем моменте, коэффициент запаса крутящего момента. Обозначьте характерные участки характеристики.

Регулятор выключен.

Включите стенд, запустите дизель. Зафиксируйте рейку на номинальном режиме (для Д-240 $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $P_{\text{тор}} = 5 \text{ кг}$) - внешняя скоростная характеристика или в промежуточном положении - частичная скоростная характеристика.

Изменением нагрузки на валу двигателя изменяйте частоту вращения, определяйте показания приборов при тех же частотах, что и в разделе регулятор включен.

По результатам испытаний рассчитайте значения параметров работы дизеля, нанесите данные на график и проанализируйте их.

По данным скоростной характеристики дизеля с включенным регулятором постройте регуляторную характеристику дизеля. Обозначьте характерные режимы работы.

4.2.1. Анализ скоростных характеристик дизеля

Скоростная характеристика дизеля - это зависимость параметров работы дизеля от частоты вращения. Снимается характеристика при постоянном положении рычага управления регулятором или рейки (если характеристика с выключенным регулятором) и при изменении частоты вращения от минимального до максимально допустимого по ТУ значений (рис. 4.2).

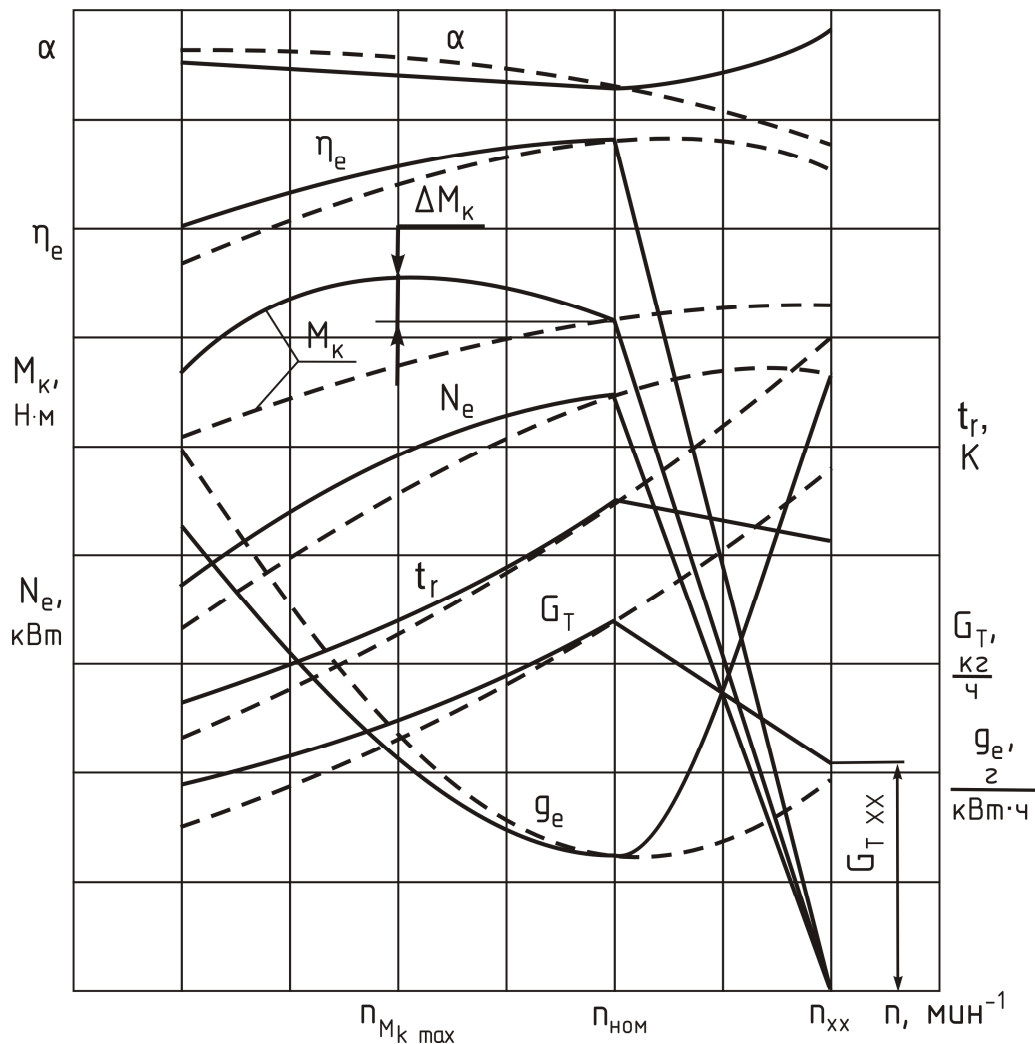


Рисунок 4.2 - Скоростные характеристики дизеля:

- - регулятор включен;
- - регулятор выключен

Рассмотрим внешние скоростные характеристики дизеля вначале с включенным, а затем с выключенным регулятором. С повышением частоты вращения до номинальной часовой расход

топлива дизелем увеличивается, так как растет количество циклов в единицу времени. Соответственно, сгорание большего количества топлива вызывает больший нагрев стенок цилиндров, увеличение средней температуры цикла и рост температуры отработавших газов. Повышенный нагрев впускного тракта дизеля ведет к снижению массового количества поступающего воздуха. В результате снижается коэффициент избытка воздуха, хотя часовой расход воздуха увеличивается. Возрастание эффективной мощности обусловлено увеличением частоты вращения.

Для улучшения динамических качеств дизеля в конструкцию ТНВД вводят корректор. Уменьшение частоты вращения от номинальной при неизменном положении рычага управления регулятором (перегрузка дизеля) вызывает срабатывание корректора и увеличение цикловой подачи топлива. При этом повышается способность дизеля к преодолению временных перегрузок. В результате значение крутящего момента максимально на частоте вращения ниже номинальной. Она называется частотой вращения при максимальном крутящем моменте. А прирост значения крутящего момента сверх номинального называется номинальным коэффициентом запаса крутящего момента.

Увеличение частоты вращения свыше номинальной вызывает выключение подачи регулятором до величины, обеспечивающей работу дизеля без нагрузки. При этом значения эффективной мощности, крутящего момента и эффективного КПД падают до нуля, несколько снижается температура отработавших газов, удельный эффективный расход топлива дизелем возрастает до бесконечности.

Массовый, а значит, и часовой расход воздуха будет повышаться, так как дизель охлаждается, одновременно возрастает коэффициент избытка воздуха, чему способствует снижение относительного количества расходуемого топлива.

В случае выключения регулятора фиксируется рейка ТНВД и корректор уже не оказывает влияния на изменение количества подаваемого топлива. Поэтому при уменьшении частоты вращения от номинального значения цикловая подача не увеличивается, а уменьшается (растут гидравлические потери за возросшее время впрыскивания), что вызывает снижение часового расхода

топлива. Это в свою очередь определяет меньшие значения температуры отработавших газов, а значит, меньший нагрев деталей дизеля и более высокие значения часового расхода воздуха и коэффициента избытка воздуха.

Пониженная цикловая подача топлива обеспечивает низшие значения эффективной мощности и низшие значения крутящего момента. Поскольку корректор не влияет на величину топливоподачи, то увеличения крутящего момента при снижении частоты вращения не наблюдается. Соответственно, минимум удельного эффективного расхода топлива сдвигается ближе к номинальной частоте вращения, эффективный КПД максимален также в этом диапазоне частот вращения.

При увеличении частоты вращения выше номинальной выключения подачи не наблюдается, подача топлива продолжает расти, растет часовой расход воздуха и температура отработавших газов, коэффициент избытка воздуха продолжает снижаться. На какой-то частоте вращения коэффициент избытка воздуха снижается ниже допустимых значений (1,1... 1,3), процесс сгорания нарушается, ухудшается его эффективность и полнота, негоревшее топливо в виде сажи выбрасывается в атмосферу.

Одновременно механические потери, пропорциональные квадрату частоты вращения, увеличиваются с ростом частоты, причем при каком-то ее значении условное давление механических потерь может достичь среднего эффективного давления. При этом эффективная мощность и крутящий момент будут снижаться и при значительном увеличении частоты вращения приблизятся к нулю. Это значит, что на частотах вращения выше номинальной эффективность работы дизеля также снижается, следовательно, значения удельного эффективного расхода топлива возрастают, а значения эффективного КПД снижаются (рис. 4.2).

Таким образом, работа дизеля на малых частотах вращения и частотах выше номинальной также неэффективна и неэкономична. Поэтому в реальных условиях стремятся эксплуатировать дизель в диапазоне от номинальной частоты вращения при полной нагрузке до частоты вращения при максимальном крутящем моменте в случае его перегрузки.

4.3. Регуляторная характеристика дизеля

Эффективность и экономичность режимов работы дизеля можно оценить с помощью регуляторной характеристики. Регуляторная характеристика - это зависимость параметров работы дизеля от мощности при работе на регуляторе. Характеристика снимается при последовательном увеличении нагрузки от нулевой до полной до достижения частоты вращения, составляющей не более 85 % ее значения при максимальном крутящем моменте. Подача топлива при этом должна быть максимальной, а потому рычаг управления регулятором должен быть на упоре в винт ограничения максимальной частоты вращения.

При выполнении лабораторных работ регуляторная характеристика дизеля не снимается, а строится по данным скоростной с включенным регулятором (рис. 4.3).

4.3.1. Анализ регуляторной характеристики дизеля

Для правильного построения характеристики последовательность нанесения и соединения точек любого из параметров должна строго соответствовать увеличению или уменьшению значений частоты вращения. Ветви кривых изменения параметров работы дизеля от соответствующих максимальной частоте вращения холостого хода до соответствующих максимальной мощности (или номинальной частоте вращения) называются регуляторными. Они показывают изменение параметров при работе регулятора: выключении подачи при частотах выше номинальной. Поскольку имеет место изменение подачи топлива (изменение положения основного рычага регулятора и рейки), ветви примерно соответствуют нагрузочной характеристике с той лишь разницей, что у нагрузочной характеристики частота вращения была бы постоянной, а здесь она меняется от номинальной до максимальной частоты вращения холостого хода.

Все выводы и заключения относительно нагрузочной характеристики с высокой степенью точности справедливы и для отмеченных ветвей. Ветви кривых изменения параметров работы

дизеля от соответствующих максимальной мощности (номинальной частоте вращения) до соответствующих частоте вращения при максимальном крутящем моменте называются корректорными, соответствуют режимам совместной работы регулятора и корректора (режимам перегрузки).

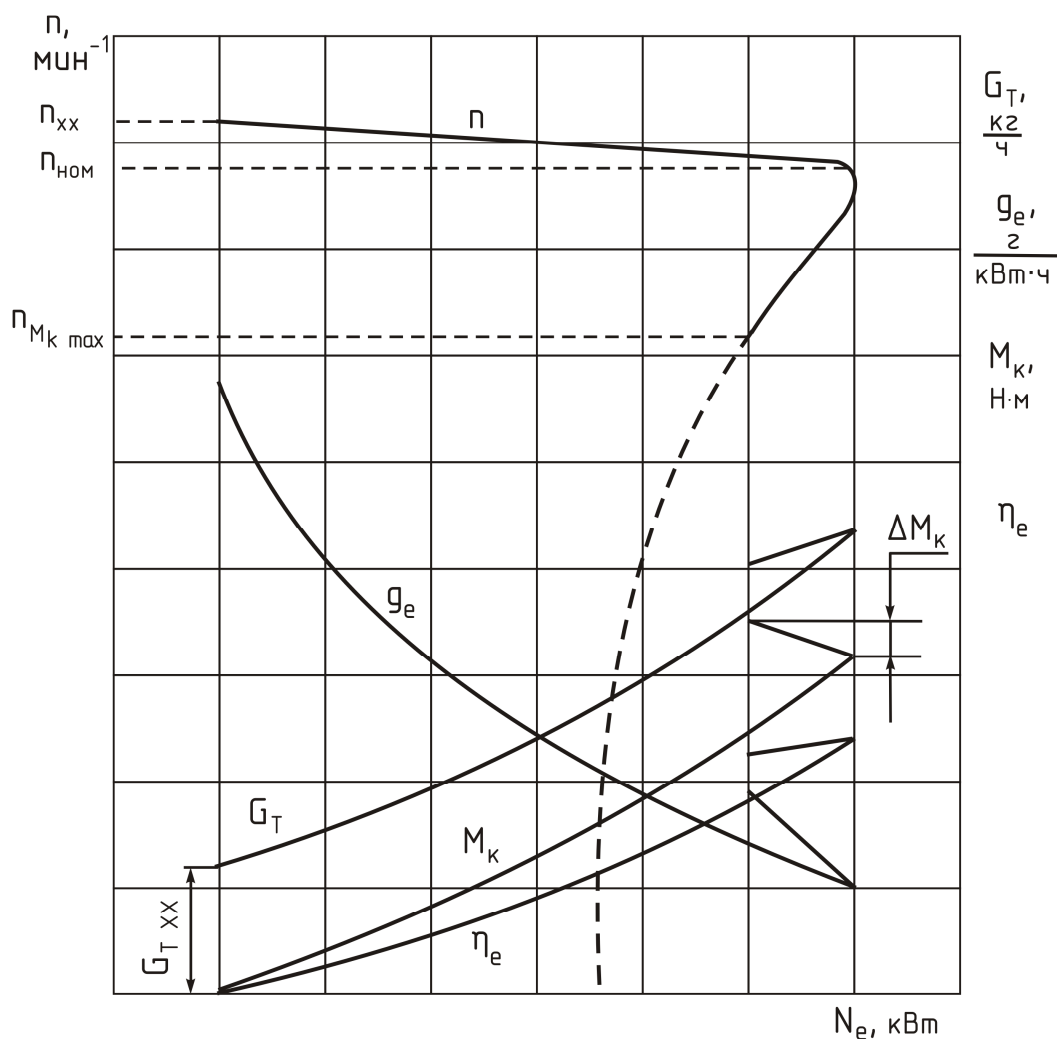


Рисунок 4.3 - Регуляторная характеристика дизеля

Поскольку имеет место изменение частоты вращения при неизменном положении рычага управления регулятором (а также основного рычага регулятора и рейки), то эти ветви примерно совпадают со скоростной характеристикой и обладают также всеми ее свойствами.

Анализ регуляторной характеристики наглядно показывает, что для улучшения экономичности работы дизеля и его эффективности необходимо стремиться к тому, чтобы его средняя экс-

плуатационная нагрузка была возможно ближе к номинальному значению.

4.4. Скоростная характеристика карбюраторного двигателя

Регулятор включен.

Включите стенд, запустите двигатель, установите заслонку карбюратора в положение, соответствующее максимальной подаче топлива (внешняя скоростная характеристика), или любое промежуточное положение (частичная скоростная характеристика).

Равномерно увеличивая частоту вращения от минимальной до максимальной уменьшением нагрузки тормозного устройства на валу двигателя от максимума до нуля, определите показания приборов не менее чем при 7 значениях частоты вращения. Остановите двигатель и выключите стенд. По известным зависимостям рассчитайте значения параметров работы двигателя, полученные данные нанесите на график. Проанализируйте характер изменения кривых. Определите частоту вращения срабатывания регулятора и максимальную частоту вращения холостого хода.

Регулятор выключен.

Отключите регулятор частоты вращения.

Включите стенд, запустите двигатель, установите заслонку карбюратора в то же положение, что и в разделе «регулятор включен», и зафиксируйте ее.

Определите показания приборов при тех же значениях частоты вращения, что и в разделе «регулятор включен». По результатам испытаний рассчитайте значения параметров работы двигателя, полученные данные нанесите на график. Проанализируйте изменение показателей работы двигателя при выключенном регуляторе частоты вращения.

Сделайте выводы о целесообразности и характере работы регулятора.

4.4.1. Анализ скоростных характеристик карбюраторного двигателя

Скоростная характеристика карбюраторного двигателя - это зависимость параметров работы двигателя от частоты вращения. Снимается характеристика при постоянном положении дроссельной заслонки и изменении частоты вращения от минимального до максимально допустимого по ТУ значений (рис. 4.4).

С повышением частоты вращения увеличивается количество циклов в единицу времени, поэтому растет часовой расход топлива. Поскольку топливо поступает в виде смеси с воздухом, расход воздуха также возрастает. Увеличение количества топлива, сгорающего в единицу времени, повышает значения среднего индикаторного давления, средней температуры цикла и температуры отработавших газов. Значение коэффициента избытка воздуха зависит от соотношения поступающего воздуха и топлива. С увеличением частоты вращения скорость воздуха и разрежение в диффузоре увеличиваются, увеличивая количество поступающего топлива, однако из-за разницы гидравлических сопротивлений и аэродинамических сопротивлений трактов прирост скорости и расхода воздуха выше увеличения расхода топлива. В результате с ростом частоты вращения смесь обедняется, при этом коэффициент избытка воздуха растет.

Известно, что эффективная мощность прямо пропорциональна значениям частоты вращения и среднего эффективного давления, поэтому она увеличивается с ростом частоты. Но при этом также возрастают и механические потери.

Соответственно, рост эффективной мощности замедляется. На какой-то частоте вращения значение условного давления механических потерь достигнет значения среднего индикаторного давления, в этом случае эффективная мощность будет равна нулю. Низкие значения среднего эффективного давления на больших частотах вращения обуславливают невысокие значения крутящего момента. На малых частотах среднее эффективное давление может также снизиться из-за уменьшения коэффициента наполнения, так как фазы газораспределения рассчитывают для номинальной частоты вращения.

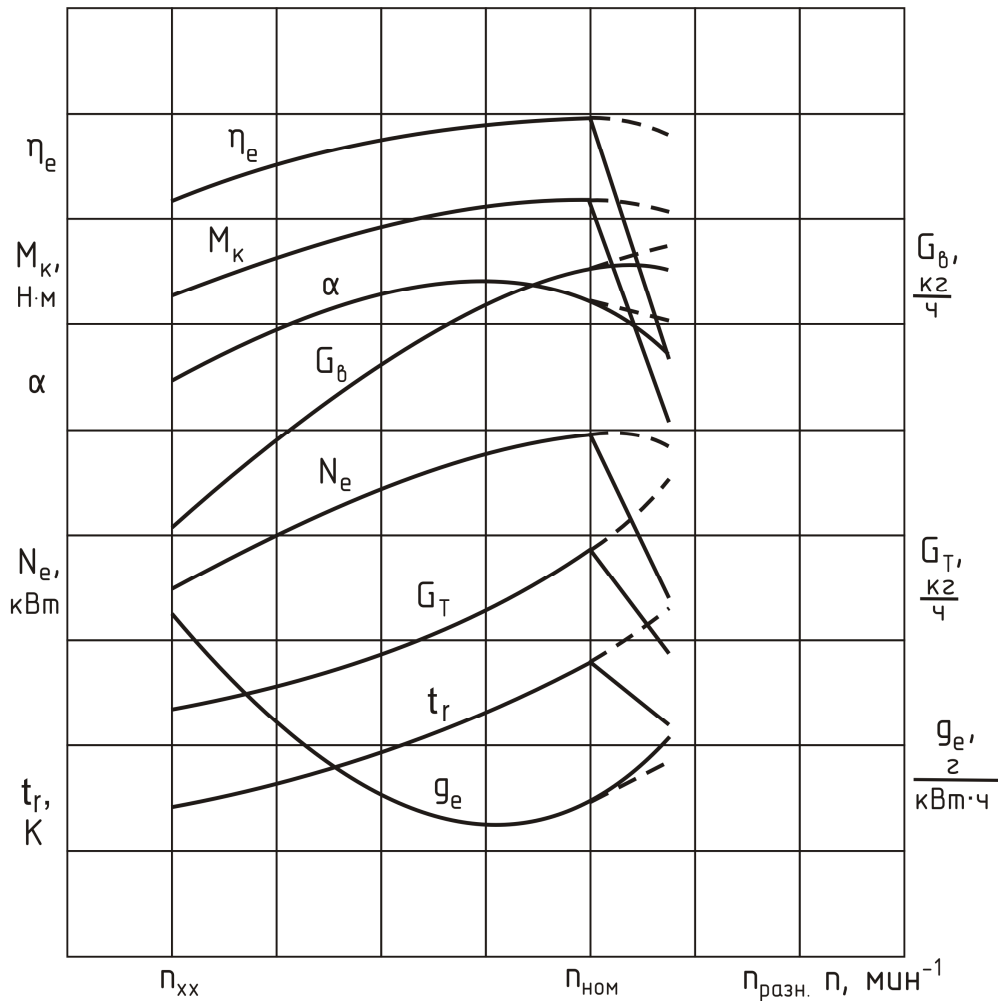


Рисунок 4.4 - Скоростные характеристики карбюраторного двигателя:

————— - регулятор включен;

- - - - - регулятор выключен

На частотах вращения, составляющих 60...80 % от номинальной, достигается лучшее соотношение среднего индикаторного и среднего эффективного давлений, обеспечивающее максимальное значение механического КПД. В условиях скоростной характеристики механический КПД является определяющим фактором изменения удельного эффективного расхода топлива, в результате последний минимален при максимальном значении КПД.

Необходимо помнить, что наибольшая эффективная мощность достигается при значительно больших значениях частоты вращения при одновременном снижении топливной экономичности, что обуславливается необходимостью обогащения смеси.

Регулятор частоты вращения на карбюраторных ДВС обыч-

но однорежимный, ограничивающий только максимальную частоту вращения. Изменение параметров скоростной характеристики показано нами в предположении, что регулятор выключен.

В случае, если регулятор включен, изменение параметров скоростной характеристики в диапазоне частот вращения от минимальной до номинальной будет то же, так как регулятор не оказывает воздействия. При превышении частоты свыше номинального значения регулятор прикрывает дроссельную заслонку. Подача топлива снижается до величины, обеспечивающей только работу двигателя без нагрузки. Значения крутящего момента, эффективной мощности и эффективного КПД падают до нуля. Снижается расход воздуха, коэффициент избытка воздуха и температура отработавших газов. Удельный эффективный расход топлива при этом возрастает.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ

1. Что такое скоростная характеристика? Каковы ее назначения, методика снятия и построения?
2. Чем различаются внешняя и частичная скоростные характеристики?
3. Как и почему изменение скоростного режима влияет на эффективные показатели работы двигателя?
4. Как влияет регулятор частоты вращения на эффективные показатели работы двигателя?
5. Для чего и как снимается и строится регуляторная характеристика дизеля?
6. Пользуясь скоростной характеристикой ТНВД с включенным регулятором, определите:
 - а) характерные интервалы характеристики;
 - б) характерные режимы работы насоса;
 - в) степень коррекции.
7. Пользуясь регуляторной характеристикой дизеля, определите:
 - а) характерные режимы работы дизеля;
 - б) коэффициент запаса крутящего момента;
 - в) интервал заглохания дизеля.

РАБОТА № 5

5. Регулировки топливной аппаратуры дизелей

Цель работы - закрепить знания конструкции агрегатов топливной аппаратуры автотракторных дизелей, освоить методики и порядок проведения регулировок ТНВД, научиться оценивать техническое состояние деталей топливной аппаратуры.

Задачи работы:

- закрепить знания конструкции агрегатов топливной аппаратуры автотракторных дизелей;
- освоить методики и порядок проведения регулировок ТНВД и форсунок;
- для указанных типов насосов практически определить параметры работы и провести необходимые регулировки;
- проверить и при необходимости отрегулировать форсунки на давление начала впрыскивания;
- оценить гидравлическую плотность плунжерных пар, герметичность нагнетательных клапанов по разгружающему пояску, а также суммарную герметичность по запирающему конусу и разгружающему пояску;
- проанализировать полученные результаты, сделать практические выводы и дать рекомендации по эксплуатации рассмотренных агрегатов и деталей.

5.1. Регулировки ТНВД

Включите стенд с установленными на нем топливным насосом и соответствующим отрегулированным комплектом форсунок. Пользуясь журналом для стендовых испытаний ДВС и ТА, определите и запишите параметры работы насоса на указанных контрольных режимах.

Произведите регулировки топливного насоса в требуемой последовательности. Определите и запишите параметры работы насоса на контрольных режимах после регулировки. Значения параметров должны соответствовать ТУ.

Проанализируйте результаты испытаний. Проведите отмеченные мероприятия на других стендах с другими типами насо-

сов и соответствующими им комплектами форсунок.

5.1.1. Регулировка насосов типа УТН

I. Первичные подготовительные операции.

1. Контроль работы насоса на частоте вращения вала выше номинальной на 200 мин^{-1} . Не должно наблюдаться стуков, заеданий рейки, единичных прихватов плунжера, местных нагревов свыше $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

2. Проверка давления топлива в головке насоса. На частоте вращения 600 мин^{-1} при полностью включенной подаче давление должно быть равно $0,07...0,12 \text{ МПа}$. При необходимости давление регулируется подбором пружины перепускного клапана. Сильно заниженное давление является следствием забивки топливных фильтров или неисправности подкачивающего насоса.

3. Проверка угла начала нагнетания топлива базовой секцией. Величина угла начала нагнетания топлива базовой (первой) секцией до оси симметрии профиля кулачка должна быть $57^\circ \pm 30'$. При необходимости угол настраивают регулировочным болтом толкателя.

4. Проверка герметичности и давления открытия нагнетательных клапанов. При выключенной подаче топлива, давлении в головке $0,07...0,12 \text{ МПа}$ и открытом наполнительном отверстии втулки плунжерной пары клапаны не должны пропускать топливо в течение 2 минут. Разница в давлении открытия нагнетательных клапанов не должна превышать $0,3 \text{ МПа}$. Изменять давление открытия клапана можно подбором пружин.

II. Основные регулировочные операции.

I. Настройка начала действия регулятора. Начало действия регулятора контролируют по показаниям тахометра в момент начала движения основного рычага регулятора в сторону выключения подачи топлива. Проверку выполняют при медленном увеличении частоты вращения и положении рычага управления регулятором на упоре в винт ограничения максимальной частоты вращения. При необходимости начало действия регулятора изменяют регулировочным винтом ограничения максимальной частоты

ты вращения. При недостаточности такой регулировки можно пользоваться изменением числа рабочих витков пружины регулятора, вывертывая или ввертывая ее в серьгу.

2. Установка винта номинальной подачи. На номинальной частоте вращения вала регулятора и положении рычага управления регулятором на упоре в винт ограничения максимальной частоты вращения медленно вворачивают винт номинальной подачи внутрь корпуса регулятора, а затем вывертывают до соприкосновения плоскости головки винта с (основным) рычагом регулятора. После этого винт дополнительно вывертывают на 0,5 оборота и контрят.

3. Установка номинальной подачи. Номинальную подачу проверяют количеством топлива, поступившим от каждой насосной секции в течение заданного количества циклов на номинальной частоте вращения вала и положении рычага управления регулятором на упоре в винт ограничения максимальной частоты вращения. При необходимости регулируют подачу отдельных секций и сводят к минимуму неравномерность подачи по секциям изменением углового положения поворотной втулки относительно зубчатого венца, предварительно ослабив его затяжку. Допускается изменять подачу одновременно у всех секций положением винта номинальной подачи. В этом случае снова проводится настройка начала действия регулятора.

4. Проверка отклонения угла начала впрыскивания топлива. Величины отклонений углов начала впрыскивания измеряют относительно угла начала впрыскивания базовой (первой) секции. При необходимости отклонение угла настраивают регулировочным болтом толкателя.

5. Проверка длительности впрыскивания топлива. Величина угла впрыскивания топлива проверяется в номинальном режиме и в процессе эксплуатации не регулируется. Отклонение угла впрыскивания топлива от заданного значения свидетельствует об износе профиля кулачка соответствующей секции.

6. Регулировка коррекции подачи. Корректор регулируется до установки на насос. Степень коррекции регулируется величиной хода штока корректора, изменением числа шайб под пяткой штока. Момент включения корректора изменяется усилием предварительной затяжки пружины корректора.

Заключительные регулировочные операции.

1. Установка винта жесткого упора основного рычага. В режиме, соответствующем полному выключению подачи топлива регулятором, на максимальной частоте вращения холостого хода вворачивают винт жесткого упора внутрь корпуса регулятора до соприкосновения с (основным) рычагом регулятора, после этого вывертывают на один оборот и контрят. Правильная установка винта жесткого упора предохраняет от чрезмерных нагрузок детали регулятора.

2. Контроль пусковой подачи. Величину пусковой подачи проверяют при частоте вращения $100...150 \text{ мин}^{-1}$ при условии исключения движения рейки в сторону уменьшения подачи. Суммарная подача всех секций должна быть не менее заданной.

5.1.2. Регулировка насосов типа ТН

I. Первичные подготовительные операции.

1. Контроль работы насоса на частоте вращения вала выше номинальной на 200 мин^{-1} . Не должно наблюдаться стуков, заеданий рейки, единичных прихватов плунжера, местных нагревов свыше $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

2. Контроль давления топлива в головке насоса (на номинальной частоте вращения при полной подаче топлива давление должно быть не менее $0,1 \text{ МПа}$, для насосов ЛСТН - $0,12...0,15 \text{ МПа}$). При необходимости давление регулируется подбором пружины перепускного клапана.

3. Проверка угла начала нагнетания топлива базовой секцией. Величина угла начала нагнетания топлива базовой (первой) секцией до оси симметрии профиля кулачка должна быть $54^\circ \pm 30'$ (для насосов бТН $36^\circ \pm 30'$). При необходимости угол настраивают регулировочным болтом толкателя.

II. Основные регулировочные операции.

1. Настройка начала действия регулятора. При медленном увеличении частоты вращения и положении рычага управления регулятором на упоре в винт ограничения максимальной частоты вращения контролируют по показаниям тахометра момент начала

движения (основного) рычага регулятора в сторону выключения подачи топлива. При необходимости начало действия регулятора изменяют количеством регулировочных шайб под головкой винта ограничения максимальной частоты вращения.

2. Установка винта номинальной подачи. На номинальной частоте вращения вала регулятора при положении рычага управления регулятором на упоре в винт ограничения максимальной частоты вращения вращают винт номинальной подачи против часовой стрелки до появления зазора между торцом винта и плоскостью призмы корректора. После этого поворачивают винт по часовой стрелке до соприкосновения с плоскостью призмы корректора, дополнительно поворачивают ещё на 0,5 оборота и контрят гайкой.

3. Установка номинальной подачи. Величину номинальной подачи контролируют по количеству поступившего от каждой насосной секции топлива в течение заданного количества циклов при номинальной частоте вращения вала и положении рычага управления регулятором на упоре в винт ограничения максимальной частоты вращения.

При необходимости регулируют подачу отдельных секций и сводят к минимуму неравномерность подачи по секциям изменением углового положения поворотной втулки при ослабленном поводке.

В случае изменения подачи одновременно у всех секций положением винта номинальной подачи рекомендуется снова настраивать начало действия регулятора.

4. Проверка отклонения угла начала впрыскивания топлива. Величину отклонения угла начала впрыскивания измеряют относительно угла начала впрыскивания базовой (первой) секции. При необходимости отклонение угла настраивают регулировочным болтом толкателя.

5. Проверка длительности впрыскивания топлива. Величина угла поворота вала, соответствующего длительности впрыскивания, проверяется в номинальном режиме и в процессе эксплуатации не регулируется. Отклонение угла от заданного значения свидетельствует об износе профиля кулачка соответствующей секции.

6. Регулировка коррекции подачи. Степень коррекции пода-

чи топлива задаётся углом наклона плоскости призмы относительно вертикали и в процессе эксплуатации не регулируется.

III. Заключительные регулировочные операции.

1. Установка винта жесткого упора основного рычага. В режиме максимальной частоты вращения холостого хода при полном выключении подачи регулятором вворачивают винт жесткого упора внутрь корпуса регулятора до соприкосновения с основным рычагом регулятора. После этого винт вывертывают на один оборот и контрят гайкой.

2. Установка шпильки-ограничителя выключения подачи. Устанавливают частоту вращения вала $200...300 \text{ мин}^{-1}$ и перемещают рычаг управления регулятором до выключения подачи топлива. В найденном положении вывертывают шпильку-ограничитель до упора в сектор рычага управления. При этом шарнирные соединения тяги с рейкой должны иметь ощутимый люфт.

3. Контроль работы пускового обогатителя. На частоте вращения кулачкового вала $200...300 \text{ мин}^{-1}$ вытягивают валик обогатителя. Величина дополнительного хода рейки на обогащение должна быть не менее 2 мм.

Удерживая рычаг управления регулятором в среднем положении, повышают частоту вращения. Автоматическое выключение пускового обогатителя должно происходить при частоте вращения до 650 мин^{-1} .

5.1.3. Регулировка насосов распределительного типа НД

I. Первичные подготовительные операции.

1. Контроль работы насоса на частоте вращения вала выше номинальной на 200 мин^{-1} . Не должно наблюдаться стуков, заеданий дозаторов на плунжерах, местных нагревов свыше $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

2. Проверка давления топлива в головке насоса. На частоте вращения 600 мин^{-1} при полной подаче топлива давление должно быть не менее $0,2...0,4 \text{ МПа}$ для насосов НД-21 (211) и не менее $0,12 \text{ МПа}$ для насосов НД-22 (221), т.к. у этих насосов от величины давления в головке зависит усилие на перемещение приводов

дозаторов. При необходимости давление изменяется демпфером, установленным в сливном (нижнем) штуцере.

3. Контроль отсутствия гидроудара. Гидроудар может возникнуть в начале нагнетания топлива, когда плунжер начинает сжимать топливо, а распределительный паз плунжера недостаточно открыл распределительное окно втулки, и в конце нагнетания, когда распределительный паз разъединен с распределительным окном до конца подачи.

Отсутствие гидроудара проверяют при включенной подаче топлива в насосах НД-21 (211) проворачиванием вала по часовой стрелке, в насосах НД-22 (221) - в обоих направлениях вращения. При необходимости производят «перезакатку» насоса - меняют угловое положение распределительного вала плунжера в момент начала нагнетания или заменяют промежуточные шестерни.

II. Основные регулировочные операции.

1. Выравнивание подачи между двумя секциями насоса (только для насосов НД-22). На частоте вращения $950...1000 \text{ мин}^{-1}$ при полной подаче топлива добиваются приблизительно одинаковой средней величины подачи каждой из двух секций. При необходимости подачу выравнивают изменением величины подачи первой секции изменением длины составной регулировочной тяги.

2. Регулировка пусковой подачи. На частоте вращения $100...150 \text{ мин}^{-1}$ при среднем положении рычага управления регулятором определяют величину подачи насосных секций. При необходимости подачу изменяют поворотом эксцентрикового пальца при ослабленном стяжном болте.

3. Настройка начала действия регулятора. На номинальной частоте вращения при полной подаче топлива вращением винта номинальной подачи добиваются величины подачи, на $0,2...0,4 \text{ см}^3$ превышающей значение номинальной подачи. В насосах НД натяжение пружины регулятора настраивают по величине подачи. В этом положении винт контрят гайкой.

4. Установка номинальной подачи. На номинальной частоте вращения при полной подаче топлива устанавливают величину подачи вращением корпуса корректора при ослабленной контргайке.

5. Снижение неравномерности подачи по штуцерам насоса. Неравномерность подачи снижают заменой или перестановкой деталей насосных линий, дающих наибольшие и наименьшие значения подачи (топливопроводов, форсунок, клапанных узлов и т.д.).

6. Установка пневмокорректора. Положение отключенного пневмокорректора относительно крышки регулятора настраивают по величине подачи на номинальной частоте вращения вворачиванием (выворачиванием) корпуса пневмокорректора в крышку. Проверку давления начала срабатывания пневмокорректора проводят на номинальной частоте вращения сравнением подачи с номинальным значением при давлении в камере 0,025...0,030 МПа. Момент отключения пневмокорректора и величина подачи должны соответствовать номинальному значению. При необходимости регулировки давления пневмокорректор снимают с насоса и отправляют в специализированную мастерскую.

7. Проверка муфты опережения впрыскивания топлива. Муфты опережения впрыскивания топлива проверяют измерением смещения ведомой полумуфты относительно ведущей при двух скоростных режимах. Величина смещения полумуфт в момент впрыскивания топлива одной из линий нагнетания должна быть: $2^{\circ} \pm 1^{\circ}$ при частоте вращения 750 ± 50 мин⁻¹; $6^{\circ} \pm 1^{\circ}$ при 1000 ± 10 мин⁻¹. При этом стуки в муфте в диапазоне 150...400 мин⁻¹ не допускаются.

III. Заключительные регулировочные операции.

1. Проверка герметичности насосов. При подаче сжатого воздуха во внутреннюю полость насоса, погруженного в технологическую жидкость, при закрытых входных масляных отверстиях и давлении 0,04...0,10 МПа в течение около 20 секунд допускается выделение отдельных пузырьков воздуха в местах установки винтов скоростного режима.

При появлении пузырьков воздуха по уплотнениям и резьбам подтягивают винты, пробки или заменяют прокладки.

2. Определение частоты вращения выключения подачи регулятором. При полной подаче топлива и медленном увеличении частоты вращения полное выключение подачи должно происхо-

дить при частоте, не более заданной. При несовпадении значений частоты вращения повторно производят настройку начала действия регулятора и регулировку величины номинальной подачи.

5.1.4. Регулировка насосов типа 33 (КамАЗ)

I. Первичные подготовительные операции.

1. Контроль работы насоса на частоте вращения вала выше номинальной на 200 мин^{-1} . Не должно наблюдаться стуков, заеданий реек, единичных прихватов плунжера, местных нагревов свыше $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

2. Проверка давления топлива в головке насоса. На частоте вращения $600 \dots 1300 \text{ мин}^{-1}$ при упоре рычага управления регулятором в винт ограничения максимальной частоты вращения давление должно быть не менее $0,06 \dots 0,08 \text{ МПа}$. При необходимости давление регулируется затяжкой пружины перепускного клапана, установкой различного числа шайб между пробкой и пружиной.

3. Проверка угла начала нагнетания топлива базовой секцией. Величина угла начала нагнетания топлива базовой (восьмой) секцией должна быть $42^\circ 30' \pm 20'$. При необходимости угол настраивают установкой в толкатель под плунжер пяты толкателя различной толщины. Предусмотрено 19 разных групп пяты толкателя с разницей в толщине $0,05 \text{ мм}$, что соответствует изменению угла $0^\circ 12'$.

4. Проверка герметичности и давления открытия нагнетательных клапанов. При выключенной подаче топлива, давлении в головке $0,12 \dots 0,20 \text{ МПа}$ и открытом наполнительном отверстии втулки плунжерной пары клапаны не должны пропускать топливо в течение 2 минут. Давление начала открытия клапанов должно составлять не менее $0,9 \dots 1,1 \text{ МПа}$. При необходимости давление регулируется изменением числа регулировочных шайб под пружиной клапана. После регулировки штуцер клапана затягивают с моментом $100 \dots 120 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

II. Основные регулировочные операции.

1. Настройка начала действия регулятора. В насосах типа 33 натяжение пружины регулятора настраивают по величине подачи

на двух контрольных частотах вращения при упоре рычага управления регулятором в винт ограничения максимальной частоты вращения перемещением этого винта.

2. Установка номинальной подачи. Величину номинальной подачи контролируют по количеству поступившего от каждой насосной секции топлива в течение заданного количества циклов при номинальной частоте вращения вала. При необходимости регулируют подачу отдельных секций и сводят к минимуму неравномерность подачи по секциям поворотом корпуса секции относительно корпуса насоса при ослабленных гайках крепления топливопровода и крепления секции. Затягивают гайки крепления секции с моментом 25...40 Н·м.

3. Проверка отклонения угла начала впрыскивания топлива. Величину отклонения угла начала впрыскивания измеряют относительно угла начала впрыскивания базовой (восьмой) секции в номинальном режиме. При необходимости отклонение угла настраивают для каждой секции использованием пяты толкателя различной толщины.

4. Проверка длительности впрыскивания топлива. Величина угла поворота вала, соответствующего длительности впрыскивания, проверяется в номинальном режиме и в процессе эксплуатации не регулируется. Отклонение угла от заданного значения свидетельствует об износе профиля кулачка соответствующей секции.

5. Регулировка коррекции подачи. Степень коррекции определяется величиной подач на промежуточных скоростных режимах по внешней регуляторной характеристике. При необходимости корректоры снимаются с насоса и настраиваются на специализированном предприятии.

III. Заключительные регулировочные операции.

1. Установка винта ограничения минимальной частоты вращения. При установке рычага управления регулятором на упор в винт ограничения минимальной частоты вращения подача насоса должна снижаться до заданного значения.

2. Установка винта останова. При переводе рычага останова на упор в винт останова подача должна полностью прекращаться при любой частоте вращения вала регулятора. При возвращении

рычага останова в исходное положение и повороте рычага управления до упора в винт ограничения максимальной частоты вращения рейки насоса должны занимать положение, соответствующее пусковой подаче.

3. Установка винта пусковой подачи. Установку винта пусковой подачи производят в зависимости от величины подачи топлива на частоте вращения $100 \pm 10 \text{ мин}^{-1}$ при упоре рычага управления регулятором в винт ограничения максимальной частоты вращения, а рычага останова при упоре в винт пусковой подачи.

4. Проверка частоты вращения выключения подачи топлива регулятором. При положении рычага управления регулятором на упоре в винт ограничения максимальной частоты вращения медленно увеличивают частоту вращения до полного выключения подачи. При необходимости изменяют положение винта ограничения максимальной частоты вращения и снова производят настройку начала действия регулятора.

5.1.5. Регулировка насосов типа 60, 80, 90 (ЯМЗ)

I. Первичные подготовительные операции.

1. Проверка герметичности и давления открытия нагнетательных клапанов. При включенной подаче, давлении в головке $0,10 \dots 0,12 \text{ МПа}$ и открытом отверстии втулки плунжера клапаны не должны пропускать топливо в течение двух минут. Давление открытия клапанов должно составлять $0,88 \dots 1,08 \text{ МПа}$.

2. Угол начала нагнетания насосов с несимметричным плунжером настраивают по его перемещению. Величина подъема толкателя, соответствующая началу нагнетания топлива первой секцией, должна быть $4,5 \pm 0,05 \text{ мм}$ для дизелей без наддува и $4,2 \pm 0,05 \text{ мм}$ для дизелей с наддувом. При необходимости ее регулируют болтом толкателя.

3. Проверка давления в головке насоса. На номинальной частоте вращения и упоре рычага управления в винт скоростного режима давление должно быть $0,059 \dots 0,078 \text{ МПа}$ (для 6 и 8-секционных ТНВД) и $0,078 \dots 0,127 \text{ МПа}$ (для 12-секционных ТНВД).

II. Основные регулировочные операции.

1. На номинальной частоте вращения и упоре рычага управления регулятором в винт скоростного режима выставляют ход рейки (сдвиг рейки от крайнего выдвинутого положения) винтом номинальной подачи (устанавливают положение винта номинальной подачи).

2. Регулировка номинальной подачи. Номинальную подачу определяют количеством топлива, подаваемого секциями при номинальной частоте вращения и упоре рычага управления регулятором в винт скоростного режима. При необходимости регулируют подачу отдельных секций и сводят к минимуму неравномерность подачи по отдельным секциям поворотом зубчатого венца.

3. Отклонение угла начала впрыскивания топлива секциями относительно базовой (первой) настраивают регулировочным болтом толкателя.

4. Контроль пусковой подачи. На частоте вращения 80 ± 10 мин⁻¹ и давлении в головке ТНВД не менее 0,196 МПа подача должна составлять не менее 220 мм³/цикл. Регулируют пусковую подачу винтом пусковой подачи.

5. Настройка начала действия регулятора. При упоре рычага управления регулятором в винт скоростного режима медленно увеличивают частоту вращения и определяют начало движения рейки. При отклонении частоты ее регулируют винтом (предварительного натяжения пружины регулятора) двухплечего рычага. При вывертывании частота уменьшается, при заворачивании - увеличивается.

III. Заключительные регулировочные операции.

1. Настройка винта минимальной частоты вращения холостого хода двигателя.

2. Проверка функционирования скобы кулисы. При упоре рычага управления регулятором в винт минимальной частоты вращения и повороте скобы кулисы на 45° подача топлива должна полностью выключаться при любой частоте вращения.

5.2. Проверка и регулировка форсунок по давлению начала впрыскивания

Техническое состояние форсунок контролируют по качеству распыливания и давлению начала впрыскивания.

Для определения качества распыливания оценивают размеры капель, распределение их по длине и сечению топливного факела.

Однако известные в настоящее время методы определения этих показателей очень сложны, трудоемки и неприемлемы для условий эксплуатации. Поэтому качество распыливания оценивают по комплексу косвенных показателей: мелкости частиц распыленного топлива, плотности распределения частиц топлива по поперечному сечению факела (местные сгущения и струйки), гидравлической плотности по направляющей поверхности иглы, герметичности по запирающему конусу и звучности впрыскивания.

Установите испытуемую форсунку в державке прибора, присоедините топливопровод.

С помощью рукоятки подавайте топливо к форсунке с частотой около 60 циклов в минуту. Давление начала впрыскивания топлива определяйте по манометру, качество распыливания оценивайте визуально и на слух.

Для каждой форсунки опыт проводите не менее трех раз, результаты занесите в журнал.

При необходимости отрегулируйте давление начала впрыскивания топлива. Правильность проведенной регулировки проверьте не менее трех раз, результаты запишите.

Сравните полученные данные с требованиями ТУ, сделайте выводы.

6. ВЛИЯНИЕ ИЗНОСОВ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ НА РАБОТУ ДИЗЕЛЯ

Пружины насосов, регуляторов и форсунок со временем теряют жесткость в результате многократного циклического нагружения и проявления усталостного изнашивания.

Износ деталей регулятора увеличивает суммарный зазор в цепи от грузиков до рейки или дозатора. Это влияет на устойчивость работы дизеля, особенно на малых подачах топлива. Такой же результат дает увеличение перестановочного усилия рейки или дозатора.

У кулачковых валов изнашиваются кулачки по передней стороне его профиля, опорные шейки подшипников, резьбовые поверхности и шпоночные пазы.

Все перечисленные износы, кроме случаев аварийных поломок, приводят к смещению основных точек регуляторной характеристики насоса (внешней скоростной характеристики с включенным регулятором) и компенсируются, в основном, повторной регулировкой или заменой деталей в соответствии с техническими требованиями к ним.

Наибольшее влияние на работу топливной аппаратуры оказывает износ прецизионных деталей. Прецизионные детали подвержены гидроабразивному и молекулярно-механическому изнашиванию. Определяющим видом изнашивания является гидроабразивное. В топливе всегда имеются твердые механические частицы. Современные фильтры тонкой очистки топлива не в состоянии отделить частицы менее 0,02 мм. Предусмотренный отстой топлива не всегда осуществим, а частицы менее 0,01 мм удерживаются во взвешенном состоянии даже после длительного отстоя.

Процесс топливоподачи характеризуется большими перепадами давления. Топливо, перетекая с большой скоростью, увлекает за собой механические частицы, которые снимают с поверхностей микростружку. В результате прецизионные детали получают местный износ. У плунжерных пар он располагается у кромок дополнительных и отсечных окон и достигает 0,025 мм, с удалением от кромок износы снижаются. В результате износа плунжерных пар снижается цикловая подача и растет неравно-

мерность топливоподачи по секциям насоса. У дизеля повышаются динамические нагрузки, снижается его надежность. Регулировщики для обеспечения необходимой величины цикловой подачи разворачивают плунжер, увеличивая его активный ход. Подача топлива возрастает, но растягивается длительность впрыскивания. При условии сохранения момента начала подачи топлива впрыскивание части дозы топлива приходится на фазу догорания, что само по себе нежелательно. Из-за увеличения длительности впрыскивания распылитель форсунки за каждый цикл длительнее контактирует с продуктами сгорания, его средняя температура возрастает от 180 до 200...210 °С, а значит, снижается надежность.

Необходимо также учитывать, что хотя плунжерные пары одного насоса работают примерно в одинаковых условиях, но износ у них изначально разный. Дело в том, что при проверке герметичности плунжерных пар на гиревых стендах (КИ-759) в пределах допусков на изготовление по сносу отверстий во втулке и по углу подъема отсечной кромки получается разница в геометрических ходах плунжера 0,5...0,6 мм. Это дает разницу во времени при проверке. Таким образом, подбирая плунжерные пары по времени просачивания определенного объема топлива, в один комплект изначально попадают пары с разными зазорами между втулкой и плунжером. В результате опять-таки в эксплуатации пары изнашиваются неодинаково, что влияет на работу дизеля. Выйти из положения можно, применяя прибор, позволяющий фиксировать время продавливания топлива и геометрический ход плунжера (КИ-3369).

У нагнетательного клапана при работе изнашиваются разгрузочный пояс и верхняя часть цилиндрической поверхности седла, причем износ имеет конусный вид. У разгрузочного пояска износ больше к нижней кромке, у седла больше изнашивается поверхность верхнего торца, износы достигают 0,030 мм. Кроме того, в результате ударного контакта изнашиваются запорный конус клапана и фаска седла. Износ нагнетательного клапана влияет, прежде всего, на величину остаточного давления, а через него - на неравномерность топливоподачи и угол действительного начала подачи топлива форсункой. Износ разгрузочного пояска клапана и верхней части цилиндрического отверстия седла при-

водит к уменьшению объема разгрузки. Рост остаточного давления увеличивает максимальное давление впрыскивания, а через него - цикловую подачу топлива. Вследствие увеличения остаточного давления улучшается упругость среды и сокращается время пробега импульса волны подачи топлива по линии нагнетания. Угол действительного начала подачи топлива форсункой сдвигается в сторону более раннего впрыскивания. Поскольку клапаны изнашиваются по-разному, то изменения подач и углов различны. Динамические показатели, вибрации и износы дизеля растут. Рост остаточного давления приводит к появлению подвпрыскиваний. В этом случае дизель становится неработоспособным. Разгерметизация клапана по запорному конусу снижает остаточное давление, уменьшается цикловая подача, возрастает ее неравномерность, особенно при малых подачах, угол начала подачи топлива сдвигается в сторону запаздывания.

Форсунки дизелей работают под воздействием монтажных и циклических деформаций от движения топлива, получают тепловые деформации и подвергаются воздействию цилиндрических газов.

В эксплуатации у новых форсунок идет интенсивная приработка торцевых поверхностей хвостовика иглы, штанги, пружины и регулировочного винта. Циклические нагрузки новой пружины уменьшают ее длину в свободном состоянии. После наработки 150...200 мото-часов жесткость и длина пружины стабилизируются. Это приводит к тому, что у форсунок за первые 100...150 мото-часов давление начала впрыскивания снижается на 3,5...5,0 МПа, изменяются параметры характеристик впрыскивания. Мощность дизеля снижается на 10...15 %, увеличивается расход топлива, ухудшаются токсические показатели.

В связи с этим рекомендуется новую форсунку проверять после 120 мото-часов работы. При дальнейшей эксплуатации форсунку необходимо проверять не реже чем через каждые 480 ± 20 мото-часов работы.

В процессе эксплуатации могут быть и другие неисправности форсунок. Среди них: износы запорных конусов корпуса и иглы распылителя, закоксовываемость распылителей и ухудшение качества распыливания топлива, снижение плотности и герметичности форсунок.

Отклонения в работе форсунок сказываются на протекании рабочего процесса в цилиндре дизеля. Различают несколько признаков в работе дизеля, когда форсунка работает ненормально: плохой запуск, повышенная дымность отработавших газов, стуки в момент начала воспламенения топлива в цилиндре, пропуски вспышек.

При появлении этих признаков дизель запускают, прогревают и, поочередно ослабляя крепление гаек у штуцеров насоса, определяют на слух неисправную форсунку (характер работы дизеля не меняется), после чего снимают ее и устраняют неисправность.

Закоксовывание распылителей форсунок, помимо отмеченного, вызывает рост максимального давления впрыскивания, перегрузки и сокращение ресурса насосных секций.

Таким образом, чистота дизельного топлива, отсутствие в нем воды, а также строгое соблюдение инструкций по эксплуатации и периодичности проведения технического обслуживания, проверок и регулировок имеют особое значение для нормальной работы топливной аппаратуры дизеля.

7. ТРЕБОВАНИЯ К ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЕ ДИЗЕЛЕЙ

Двигатели внутреннего сгорания проектируются и создаются таким образом, чтобы максимально использовать энергию сгорающего топлива. Топливоподающая аппаратура осуществляет необходимую для каждого двигателя расчетную характеристику впрыскивания топлива. От процесса сгорания зависят надежность работы двигателя, мощность, экономичность, токсичность и дымность.

Процесс сгорания делят на четыре (в некоторых источниках на пять) периода: задержку воспламенения, быстрое (интенсивное) горение, диффузионное (управляемое и основное) горение, догорание.

Период задержки воспламенения характеризуется тем, что первые порции топлива, поданные форсункой, воспламеняются не сразу, а после того, как претерпевают физико-химические изменения. При этом топливо нагревается, испаряется, изменяется его молекулярная структура. Время от момента поступления топлива в цилиндр дизеля до момента его воспламенения называется периодом задержки воспламенения (ПЗВ). Он зависит, прежде всего, от времени, которое необходимо данному топливу для прохождения физико-химических превращений. Для этого в цилиндре должна быть обеспечена необходимая для воспламенения температура свежего воздушного заряда. Период задержки зависит также от количества топлива, накапливающегося в цилиндре к моменту воспламенения. Если его много, то сразу после воспламенения быстро увеличивается давление в цилиндре, возрастают нагрузки на цилиндропоршневую группу. Такая работа дизеля называется жесткой. Количественно жесткость оценивается отношением изменения нагрузки (давления) к углу поворота коленчатого вала. Кроме этого, период задержки воспламенения определяет образование наиболее токсичных для организма человека компонентов - оксидов азота.

Отрезок времени от момента воспламенения топлива до момента достижения максимального давления в цилиндре называют периодом быстрого (интенсивного) горения.

Затем (условно до максимальной температуры) наступает

период диффузионного (управляемого и основного) горения. В течение управляемого горения в цилиндре есть избыток кислорода воздуха, высокая температура, и пламя из очагов возгорания легко распространяется на всю камеру сгорания. Во время основного горения коэффициент избытка воздуха уменьшается. Внимание в это время уделяется подводу к несгоревшему топливу неизрасходованного кислорода, причем чем интенсивней в этот период диффузия (отсюда название периода), тем меньше сажи. Заканчивается период за $15^{\circ} \dots 25^{\circ}$ после ВМТ.

Последним, до открытия выпускных клапанов, является период диффузионного догорания топлива. Он характеризуется малым выделением тепла, вялым горением из-за уменьшения кислорода, ухудшает экономичность дизеля, поэтому его желательно сократить.

Таким образом, для экономичной работы дизеля необходимо:

- в период задержки воспламенения подавать в цилиндр минимальное количество топлива, достаточное только для его воспламенения на любых режимах работы;
- обеспечивать качественное перемешивание топлива с воздухом;
- максимально сократить период догорания.

Этими условиями определяются требования, предъявляемые к топливной аппаратуре (ТПА). Подаваемое топливо должно быть дозировано в соответствии с нагрузкой дизеля и распределено на каждый градус поворота кулачкового вала. Кривая, описывающая распределение цикловой подачи ТНВД по углу поворота кулачкового вала, называется дифференциальной характеристикой впрыскивания (законом подачи). Она определяется профилем кулачка, регулируется болтом толкателя.

С момента начала подачи в течение периода задержки воспламенения нарастание ее в цилиндре на каждый градус поворота коленчатого вала идет медленно, далее возрастает и к концу подачи становится максимальным. От величины давления зависят дальнобойность факела топлива и качество распыливания, которые также должны быть определенными.

На процесс смесеобразования оказывают влияние и конструктивные особенности дизеля, в частности, форма камеры

сгорания (КС). В последнее время получили распространение дизели с неразделенной КС. Топливо в этих дизелях подается непосредственно в надпоршневое пространство. Смесеобразование в этих КС происходит двумя способами: объемным и объемно-пленочным. При объемном смесеобразовании факел топлива равномерно распределяется по всей КС и перемешивается с воздухом за счет организованного кругового движения воздуха. При объемно-пленочном смесеобразовании часть топлива (до 15 %), поданного в ПЗВ, перемешивается с воздухом, большая часть впрыскивается непосредственно на стенки КС и растекается по ним в виде топливной пленки. После воспламенения запальной распыленной части топлива пленка интенсивно испаряется за счет температуры стенок КС и потоков горячего воздуха и сгорает. Четко разделить эти два способа невозможно, так как при объемном способе всегда часть топлива попадает на стенки КС, а при объемно-пленочном в зависимости от режима работы изменяется соотношение топлива, распыленного в камере и ушедшего на стенки.

Мощность дизеля непосредственного впрыска можно повысить увеличением частоты вращения, применением турбонаддува и промежуточного охлаждения поступающего воздуха на впуске.

Турбонаддув позволяет повысить среднее эффективное давление, а значит, повысить мощность. Он положительно влияет на рабочий процесс, поскольку к концу такта сжатия увеличиваются давление и температура свежего заряда, что в свою очередь уменьшает время термохимических реакций и ПЗВ в целом. Жесткость работы дизеля снижается примерно в два раза. Кроме того, на режимах перегрузки, когда частота вращения снижается, турбокомпрессор, имея с дизелем только газодинамическую связь, по инерции продолжает нагнетать в цилиндры прежнее количество воздуха. Это позволяет на режиме максимального крутящего момента увеличить коэффициент избытка воздуха, снизить дымление дизеля и даже увеличить цикловую подачу топлива, получая дополнительное увеличение крутящего момента при перегрузках еще на 15 % сверх существующего.

Промежуточное охлаждение подаваемого воздуха увеличивает объемную массу заряда при впуске. Это дает возможность увеличения подачи топлива и повышения мощности дизеля при

неизменных литраже и частоте вращения до 20 %.

Дизели непосредственного впрыска с объемным и объемно-пленочным способами смесеобразования повышают требования к организации рабочего процесса: ужесточается режим работы ТПА, появляется необходимость обеспечивать движение воздушного заряда в КС, необходимость поддерживать строгий температурный режим стенок КС и днища поршня, предъявляются повышенные требования к чистоте дизельного топлива.

Форсунки, устанавливаемые на дизелях непосредственного впрыскивания, должны равномерно распределять топливо по КС. Топливо подают так, чтобы получилась пленка на стенках КС, точно была дозирована запальная доза, достаточная для воспламенения и минимальная по массе. Распыленная часть топлива должна поступать в строго определенную часть КС. Таким требованиям не удовлетворяли штифтовые форсунки, поэтому на дизели стали устанавливаться бесштифтовые форсунки с многодырчатыми распылителями, у которых подбирают число сопел, их диаметр и углы наклона. Давление начала подачи топлива у этих форсунок выше, и его необходимо строго соблюдать в эксплуатации. Увеличение давления сверх требуемого приводит к большей дисперсности распыливания, длина факела уменьшается, он теряет дальноточность. Вся доза поданного топлива концентрируется в части объема КС, сгорает с недостатком воздуха, происходит образование сажи. При снижении давления дальноточность факела увеличивается, но снижается дисперсность распыливания топлива, что замедляет испарение и полноту сгорания. При давлении ниже 12 МПа появляется струйное впрыскивание, процесс смесеобразования идет неудовлетворительно, дизель практически неработоспособен. Число и диаметр сопловых отверстий распылителя подбирают так, чтобы в цилиндр поступило необходимое количество топлива и после воспламенения в нескольких очагах продукты сгорания не попали бы из одного очага в другой и не снизили в нем интенсивность горения. Поэтому форсунка с многодырчатым распылителем устанавливается относительно КС в строго определенном положении.

Воздушному заряду на такте впуска также придают определенное движение. Для этого впускные каналы в головке блока выполняют под углом к оси КС. Движение воздушного заряда в

КС должно гарантировать перемешивание паров топлива с воздухом, подвод кислорода в зону горения и вынос из нее продуктов сгорания. У стенок камеры должна быть максимальная скорость потока, движение заряда - круговое, чтобы пленка топлива со стенок испарялась интенсивно.

Интенсивность испарения будет наибольшей при повышении температуры стенок. Для нормальной работы дизеля с жидкостным охлаждением температура охлаждающей жидкости должна быть $+ 90 \pm 5$ °С, масла - 100...110 °С, для дизелей с воздушным охлаждением температура масла должна быть в пределах $+ 110...120$ °С при условии отсутствия накипи в водяной рубашке дизеля.

Рост частоты вращения коленчатого вала сокращает продолжительность цикловой подачи, применение турбонаддува и промежуточного охлаждения увеличивает ее объем. Поэтому возрастают нагрузки на прецизионные детали ТПА. Максимальное давление впрыскивания поднимается до 40 МПа, что снижает ресурс прецизионных деталей. Для его увеличения заводы-изготовители ужесточили допуски на геометрические отклонения (конусность, бочкообразность) размеров прецизионных деталей и ввели селективную сборку пар. Это позволило уменьшить первоначальные зазоры в прецизионных парах, чтобы до их предельного значения пары работали как можно дольше. Зазоры в плунжерных парах рядных ТНВД составляют 2 мкм, а распределительных насосов (НД) - 0,6...1,2 мкм. Распылители многодырчатых форсунок имеют зазоры по притертой части 2,5...6,0 мкм.

Соответственно возросли требования к чистоте дизельного топлива. Фильтрующие элементы топливораздаточных колонок и дизелей не позволяют очистить топливо в нужной степени, поэтому заправлять машины следует только отстоянным не менее 24 часов топливом.

Дизели тракторов, автомобилей, самоходных сельскохозяйственных машин эксплуатируются на открытом воздухе при различных температурах и широком диапазоне режимов. Поэтому необходимо обеспечивать требуемые экономические показатели не только на номинальном режиме при нормальных условиях окружающей среды, но и оптимизировать их с учетом различных условий работы дизеля.

Параметры процесса топливоподачи (цикловая подача, давление и продолжительность впрыскивания, углы начала подачи и опережения впрыскивания топлива) выбирают и оптимизируют при создании дизеля для номинального режима. На других режимах удастся частично оптимизировать лишь цикловую подачу и действительный угол начала подачи. ТПА должна обеспечивать изменение цикловых подач в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов работы дизеля.

На рисунке 7.1 показана скоростная характеристика ТНВД с включенным регулятором. Точка С соответствует номинальному режиму. При уменьшении нагрузки ТПА должна, соответственно, снизить цикловую подачу. Точка В соответствует частоте, при которой подача начнет уменьшаться, несмотря на то, что рычаг управления регулятором находится в положении максимальной подачи. Эта частота выше номинальной на 10...30 мин⁻¹. В точке А подача должна прекратиться.

В практике при регулировке насосов, бывших в эксплуатации, может случиться так, что на указанной частоте вращения не через все форсунки прекратилась подача. Причиной является различие в гидравлической плотности пар, которыми укомплектован насос. На номинальном режиме всегда можно получить нужную величину цикловой подачи, даже от изношенной пары, увеличивая активный ход плунжера. А поскольку регулятор при увеличении частоты вращения разворачивает все плунжеры на один и тот же угол, то у изношенных пар остается часть активного хода.

Новые пары при этом, выбрав активный ход, подачу прекращают. Аналогичная ситуация возникает на режиме минимальной частоты вращения холостого хода. Изношенные пары на таком режиме снижают подачу до недопустимой величины, так как увеличиваются длительность цикла и потери через зазоры. В цилиндрах, в которые попадает мало топлива, появляются пропуски вспышек; дизель вибрирует, «троит»; на стенках КС, форсунке, клапанах откладывается нагар; закоксовываются распылители форсунок.

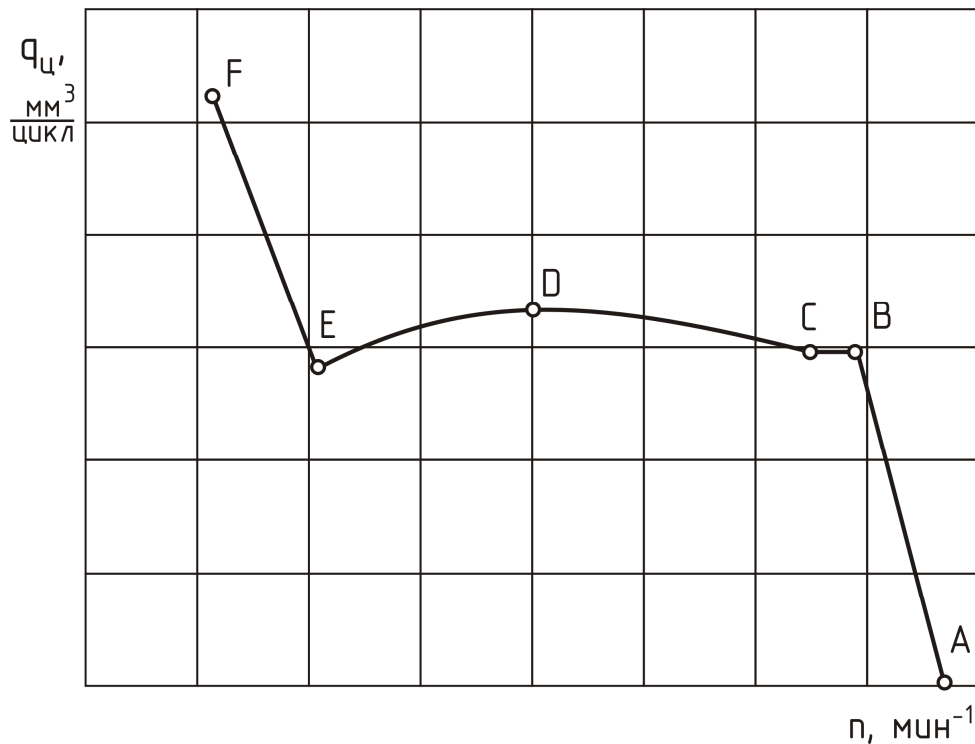


Рисунок 7.1 - Скоростная характеристика ТНВД

Если при регулировке ТНВД обнаруживается такая ситуация, то разбирают насос и укомплектовывают его парами одинаковой гидравлической плотности. Подрегулировка насоса на неравномерность подачи между секциями на режимах, отличных от номинального, не допускается.

Подача топлива на режиме максимального крутящего момента (точка D) должна превышать номинальную на 12...25 %. ТНВД, укомплектованный плунжерными парами одинаковой плотности, должен автоматически обеспечить допустимую неравномерность топливоподачи на этом режиме, если она была обеспечена на номинальном.

В дизелях с турбонаддувом при снижении частоты вращения ниже режима максимального крутящего момента цикловую подачу уменьшают (точка E). В противном случае при перегрузках, когда частота вращения меньше, чем на режиме максимального крутящего момента, дизель сильно дымит. Для обеспечения необходимой величины подачи на этих частотах в регулятор устанавливают антикорректор, уменьшающий ее величину.

Величина цикловой подачи в режиме пусковой частоты вращения (точка F) обычно превышает номинальную в

1,5...2 раза и в эксплуатации не регулируется. У насосов распределительного типа служит критерием оценки технического состояния насосной секции.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ

1. Перечислите комплекс подготовительных, регулировочных и заключительных операций при регулировке различных типов насосов. Какова последовательность и режимы их проведения?

2. Покажите непосредственно на насосах регулировочные винты. Как они называются? Какие параметры насоса ими регулируются?

3. Как влияют различные регулировки ТНВД на изменение показателей работы дизеля? Как изменятся характеристики дизеля? Покажите непосредственно на характеристиках.

4. Как влияют на показатели работы дизеля качество распыливания топлива и давление начала впрыскивания форсунки?

5. Почему на ТНВД рекомендуется устанавливать плунжерные пары одной группы плотности? Как это обстоятельство влияет на параметры работы ТНВД и дизеля?

6. Что влечет за собой снижение гидравлической плотности прецизионной пары нагнетательный клапан-седло?

7. Перечислите требования, предъявляемые к современной дизельной топливоподающей аппаратуре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов А.П., Лиханов В.А. Справочная книга тракториста-машиниста. Категории А, В, Г. - М.: Колос, 1994. - 432 с.
2. Акимов А.П., Лиханов В.А. Справочная книга тракториста-машиниста. Категории Б, Д. - М.: Колос, 1994. - 352 с.
3. Акимов А.П., Лиханов В.А. Справочная книга тракториста-машиниста. Категория Е. - М.: Колос, 1995. - 400 с.
4. Архангельский В.М и др. Автомобильные двигатели / Под. ред. М.С. Ховаха. - М.: Машиностроение, 1977. - 591 с.: ил.
5. Белявцев Д.В., Процеров Д.С. Топливная аппаратура автотракторных дизелей. - М.: Росагропромиздат, 1988. - 224 с.
6. Гуревич А.И., Болотов А.К., Судницын В.И. Конструкция тракторов и автомобилей. - М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
7. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. - М.: Высшая школа, 2002. – 496 с.
8. Лиханов В.А., Плотников С.А. Анализ характеристик двигателей внутреннего сгорания и топливной аппаратуры дизелей. - Киров: Вятская ГСХА, 2000. – 43 с.
9. Николаенко Д.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей.- М.: Колос, 1984. - 335 с.
10. Николаенко Д.В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. - М.: Колос, 1992. – 352 с.
11. Трубников Г.И. Практикум по автотракторным двигателям. – М.: Колос, 1975. - 192 с.
12. Хитрюк В.А., Цехов Е.С. Практикум по автотракторным двигателям. – Мн.: Ураджай, 1989. – 143 с.
13. ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 46 с.
14. ГОСТ 20000-82. Дизели тракторные и комбайновые. Основные параметры. Общие технические требования. - М.: Изд-во стандартов, 1983. - 13 с.
15. ГОСТ 14846-81. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 46 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Устройство и работа регуляторов ТНВД

Приложение А. Устройство и работа регулятора типа 4УТНМ

Номинальный режим.

На номинальном режиме работы дизеля рычаг 1 упирается в винт 7 скоростного режима, пружина регулятора 4 растянута максимально, центробежная сила вращающихся грузов незначительно меньше усилия пружины 4, поэтому рычаг обогатителя 3 прижат к рычагу регулятора 2, рычаг регулятора 2 касается плоскости головки винта номинальной подачи 8, рейка насоса устанавливается в положение номинальной подачи топлива.

Перегрузка дизеля.

Увеличение нагрузки вызывает снижение частоты вращения коленчатого вала дизеля и кулачкового вала насоса, центробежная сила вращающихся грузов снижается. Когда она уменьшится на величину усилия затяжки пружины 6 корректора, пружина 6 корректора вытолкнет шток корректора, рычаг 3 обогатителя переместит рейку насоса на увеличение подачи на величину хода штока.

Холостой ход.

При увеличении частоты вращения вала дизеля свыше номинального значения центробежная сила грузов начнет расти и при каком-то значении частоты сравняется с усилием натянутой пружины 4 регулятора – рычаг 2 регулятора и рейка начнут дрожать – наступит момент начала действия регулятора. При дальнейшем повышении частоты вращения вала центробежная сила грузов превысит усилие пружины 4 регулятора, рычаг обогатителя 3 начнет перемещаться, смещая рейку на уменьшение подачи топлива, отводя плоскость рычага регулятора 2 от головки винта номинальной подачи 8. При каком-то значении частоты вращения рейка насоса займет положение подачи топлива, достаточного только для прокручивания дизеля (режим максимальной частоты вращения холостого хода). Если частоту вращения еще увеличить – подача насоса выключится полностью (режим максимальной частоты вращения для насоса – дизель неработоспособен).

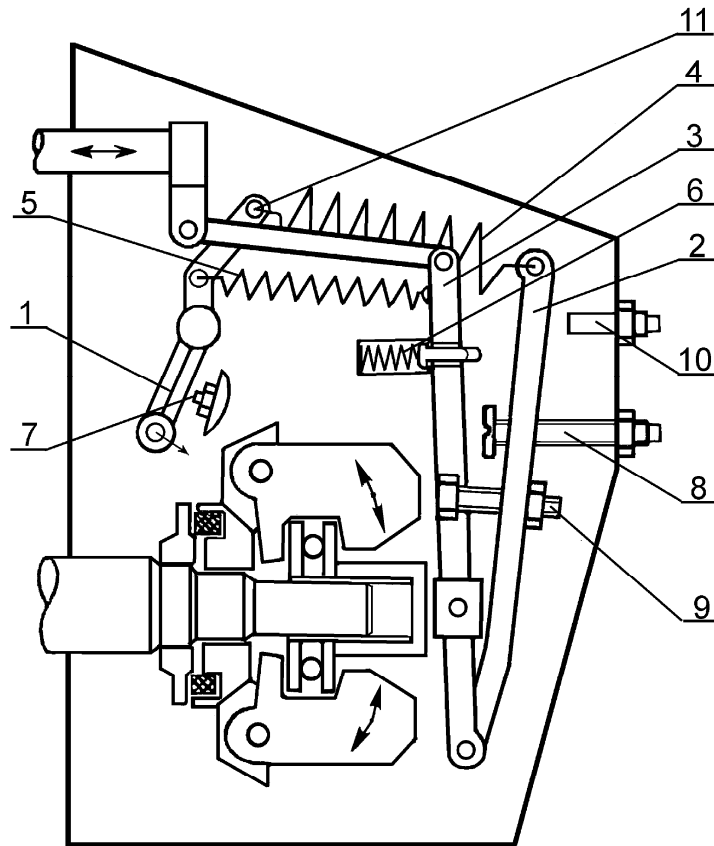


Рисунок А.1 - Регулятор топливного насоса типа 4УТНМ:

1 – рычаг управления регулятором; 2 – (основной) рычаг регулятора; 3 – рычаг (промежуточный) обогатителя; 4 – пружина регулятора; 5 – пружина обогатителя; 6 – пружина корректора; 7 – винт ограничения максимальной частоты вращения (скоростного режима); 8 – винт номинальной подачи; 9 – винт (стяжной) пусковой подачи; 10 – винт-упор хода (основного) рычага регулятора; 11 – серьга предварительного натяжения пружины регулятора

Пуск дизеля.

При пусковых частотах вращения вала дизеля рычаг управления регулятором 1 упирается в винт 7 скоростного режима, центробежная сила вращающихся грузов равна нулю или минимальна, поэтому усилие полностью растянутой пружины регулятора 4 переводит рычаг регулятора 2 до соприкосновения с плоскостью головки винта номинальной подачи, а усилие пружины 5 обогатителя устанавливает рычаг обогатителя и рейку насоса в положение максимальной подачи, задаваемое винтом 9. После пуска дизеля частота вращения вала увеличивается, центробежной силы грузов становится достаточно для преодоления усилия

пружины 5 обогатителя и пружины 6 корректора, рычаг 3 обогатителя прижимается к рычагу 2 регулятора, смещая рейку насоса на уменьшение подачи. Дальнейший режим работы дизеля зависит от взаимных значений усилия пружины 4 (положения рычага 1) и центробежной силы грузов (частоты вращения вала дизеля).

Приложение Б.

Устройство и работа регулятора типа 4ТН (ЛСТН)

Номинальный режим.

На номинальном режиме работы дизеля рычаг 1 упирается в винт 7 скоростного режима, пружина регулятора 4 сжата максимально, центробежная сила вращающихся грузов незначительно меньше усилия пружины 4, поэтому рычаг регулятора 2 винтом номинальной подачи 8 упирается в плоскость призмы обогатителя, рейка насоса устанавливается в положение номинальной подачи топлива.

Перегрузка дизеля.

Увеличение нагрузки вызывает снижение частоты вращения коленчатого вала дизеля и кулачкового вала насоса, центробежная сила вращающихся грузов снижается. Когда она уменьшится на величину усилия затяжки пружины 6 корректора, пружина 4 регулятора переместит подвижную муфту влево (рис. Б.1), рычаг 2 регулятора сместится чуть влево и вверх, в результате чего винт номинальной подачи 8, скользя по наклонной поверхности призмы обогатителя вверх переместит рейку насоса на увеличение подачи.

Холостой ход.

При увеличении частоты вращения вала дизеля свыше номинального значения центробежная сила грузов начнет расти и при каком-то значении частоты сравняется с усилием сжатой пружины 4 регулятора – рейка начнет дрожать, а винт номинальной подачи 8 будет едва касаться плоскости призмы обогатителя – наступит момент начала действия регулятора. При дальнейшем повышении частоты вращения вала центробежная сила грузов превысит усилие пружины 4 регулятора, рычаг регулятора 2 начнет перемещаться, смещая рейку на уменьшение подачи топ-

лива, отводя головку винта номинальной подачи 8 от плоскости призмы. При каком-то значении частоты вращения рейка насоса займет положение подачи топлива, достаточного только для прокручивания дизеля (режим максимальной частоты вращения холостого хода). Если частоту вращения еще увеличить – подача насоса выключится полностью (режим максимальной частоты вращения для насоса – дизель неработоспособен).

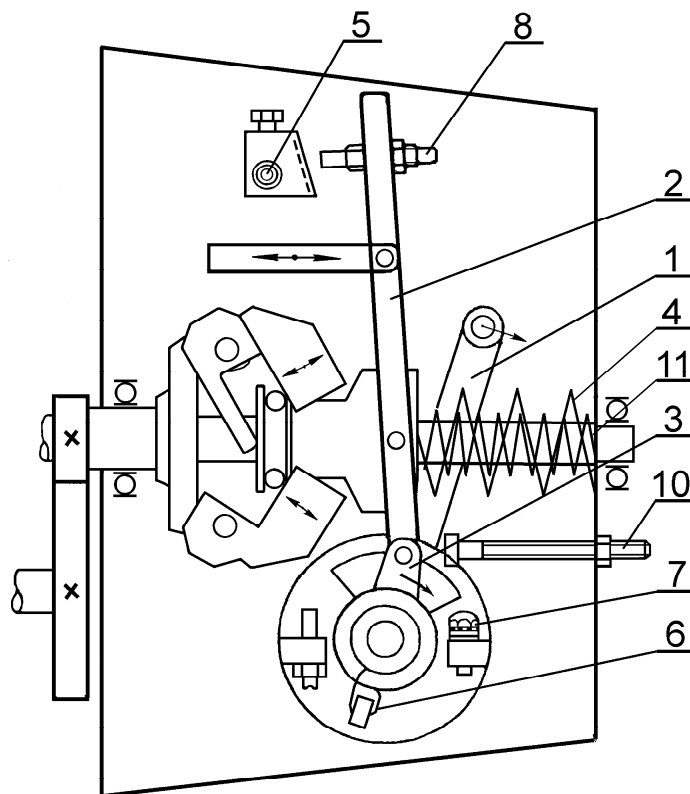


Рисунок Б.1 - Регулятор топливного насоса типа 4ТН (ЛСТН):

1 – рычаг управления регулятором; 2 – (основной) рычаг регулятора; 3 – рычаг обогатителя; 4 – пружина регулятора; 5 – пружина обогатителя; 6 – пружина корректора; 7 – винт ограничения максимальной частоты вращения (скоростного режима); 8 – винт номинальной подачи; 10 – винт-упор; 11 – прокладки предварительного натяжения пружины регулятора

Пуск дизеля.

При пусковых частотах вращения вала дизеля рычаг управления регулятором 1 упирается в винт 7 скоростного режима, центробежная сила вращающихся грузов равна нулю или минимальна, поэтому усилие пружины регулятора 4 переводит рычаг регулятора 2 до соприкосновения головки винта номинальной подачи 8 с плоскостью призмы обогатителя. При вытянутом валике пускового обогатителя головка винта номинальной подачи попадает в паз призмы, обеспечивая дополнительный ход рейки на увеличение подачи топлива не менее 2 мм. После пуска дизеля частота вращения вала увеличивается, центробежная сила грузов также растет. Подвижная муфта смещается (вправо по рис. Б.1), поворачивая рычаг регулятора 2, головка винта номинальной подачи выходит из паза призмы – пусковой обогатитель выключается. Дальнейший режим работы дизеля зависит от взаимных значений усилия пружины 4 (положения рычага 1) и центробежной силы грузов (частоты вращения вала дизеля).

Приложение В.

Устройство и работа регулятора типа НД

Номинальный режим.

На номинальном режиме работы дизеля рычаг 1 упирается в винт 7(8) скоростного режима (номинальной подачи), пружина регулятора 4 растянута максимально, центробежная сила вращающихся грузов и усилие пружины корректора 6 в сумме равны усилию пружины 4, поэтому рычаг регулятора 2 занимает положение, при котором он касается штока корректора, а его штифт прижат к верхнему выступу вилки рычага обогатителя 3, дозатор насоса через систему тяг устанавливается в положение номинальной подачи топлива.

Перегрузка дизеля.

Увеличение нагрузки вызывает снижение частоты вращения коленчатого вала дизеля и кулачкового вала насоса, центробежная сила вращающихся грузов снижается. Когда она уменьшится на величину усилия затяжки пружины 6 корректора, пружина 4

регулятора этим освободившимся усилием утопит шток корректора, рычаг 3 обогатителя через систему тяг дополнительно переместит дозатор насоса на увеличение подачи. (Штифт рычага регулятора 2 по-прежнему прижимается к верхнему выступу вилки рычага обогатителя 3.)

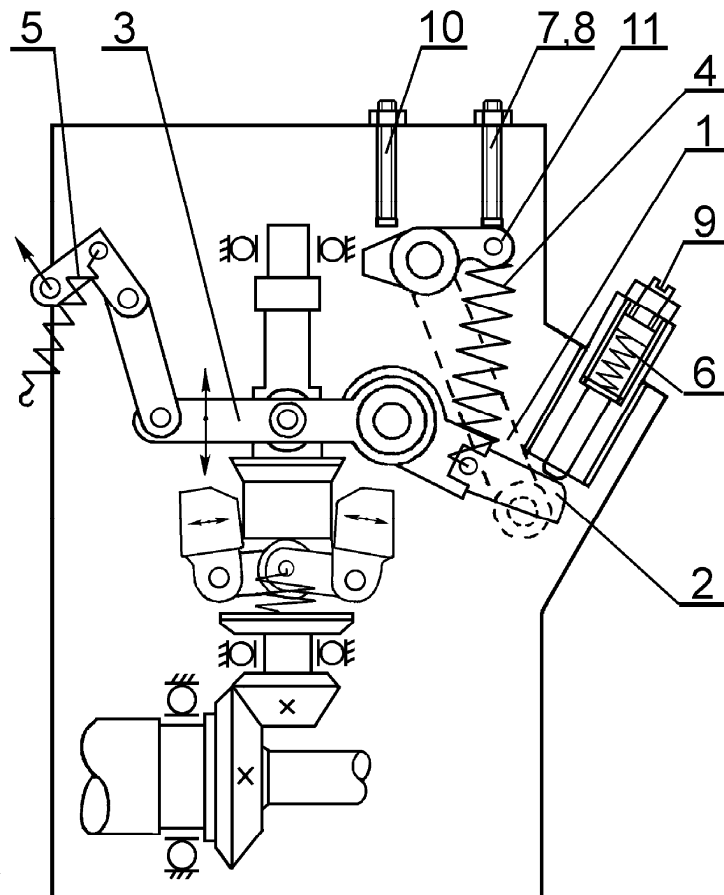


Рисунок В.1 - Регулятор топливного насоса типа НД:

1 – рычаг управления регулятором; 2 – (основной) рычаг регулятора; 3 – рычаг (промежуточный) обогатителя; 4 – пружина регулятора; 5 – пружина обогатителя; 6 – пружина корректора; 7 – винт ограничения максимальной частоты вращения (скоростного режима); 8 – винт номинальной подачи; 9 – винт пусковой подачи; 10 – винт-упор; 11 – серьга предварительного натяжения пружины регулятора

Холостой ход.

При увеличении частоты вращения вала дизеля свыше номинального значения центробежная сила грузов превысит усилие пружины 4 регулятора, рычаг обогатителя 3 начнет перемещать-

ся, через систему тяг смещая дозатор на уменьшение подачи топлива и поворачивая за штифт рычаг регулятора 2 (штифт по-прежнему прижат к верхнему выступу вилки). При каком-то значении частоты вращения дозатор насоса займет положение подачи топлива, достаточного только для прокручивания дизеля (режим максимальной частоты вращения холостого хода). Если частоту вращения еще увеличить – подача насоса выключится полностью (режим максимальной частоты вращения для насоса – дизель неработоспособен).

Пуск дизеля.

При пусковых частотах вращения вала дизеля рычаг управления регулятором 1 упирается в винт 7(8) скоростного режима (номинальной подачи), центробежная сила вращающихся грузов равна нулю или минимальна, поэтому усилием полностью растянутой пружины регулятора 4 шток корректора утоплен, а рычаг обогатителя установлен в положение увеличенной подачи топлива. Усилие пружины обогатителя 5 за счет имеющегося зазора в вилке позволяет дополнительно переместить рычаг обогатителя и, через систему тяг, дозатор насоса в положение максимальной подачи. Штифт рычага регулятора 2 при этом прижат к нижнему выступу вилки рычага обогатителя 3. После пуска дизеля частота вращения вала и центробежная сила грузов увеличиваются, центробежная сила грузов вначале преодолевает усилие пружины 5 обогатителя, зазор в вилке выбирается (штифт прижимается к верхнему выступу вилки), рычаг 3 обогатителя смещается, через систему тяг смещая дозатор насоса на уменьшение подачи. Дальнейший режим работы дизеля зависит от взаимных значений усилия пружины 4 (положения рычага 1) и суммарного значения центробежной силы грузов (частоты вращения вала дизеля) и усилия пружины корректора.

Приложение Г.

Устройство и работа регулятора типа 33 (КамАЗ)

Номинальный режим.

На номинальном режиме работы дизеля рычаг 1 упирается в винт 7 скоростного режима, пружина регулятора 4 растянута

максимально, центробежная сила вращающихся грузов незначительно меньше усилия пружины 4, поэтому рычаг обогатителя 3 прижат к рычагу регулятора 2, рычаг регулятора 2 касается плоскости головки винта номинальной подачи 8, рейки насоса устанавливаются в положение номинальной подачи топлива.

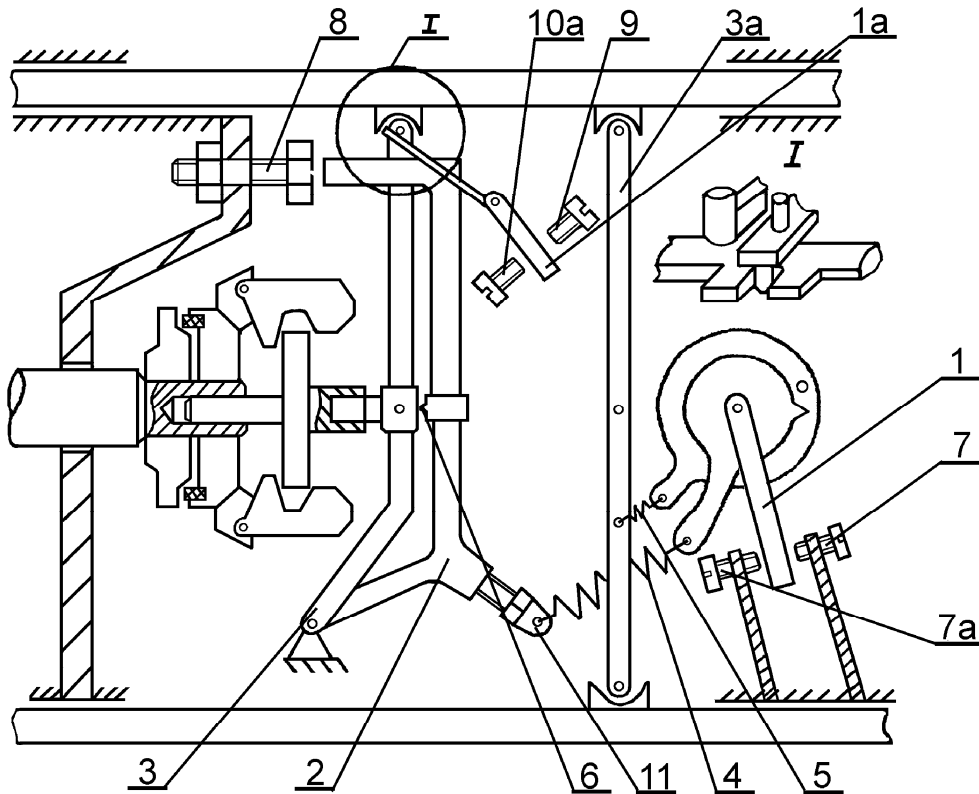


Рисунок Г.1 - Регулятор топливного насоса типа 33 (КамАЗ):

1 – рычаг управления регулятором; 1а – рычаг останова; 2 – (основной) рычаг регулятора; 3 – рычаг (промежуточный) обогатителя; 3а – дифференциальный рычаг (реек); 4 – пружина регулятора; 5 – пружина обогатителя; 6 – пружина корректора; 7 – винт ограничения максимальной частоты вращения (скоростного режима); 7а – винт минимальной частоты вращения; 8 – винт номинальной подачи; 9 – винт пусковой подачи; 10а – винт останова; 11 – серьга предварительного натяжения пружины регулятора

Перегрузка дизеля.

Увеличение нагрузки вызывает снижение частоты вращения коленчатого вала дизеля и кулачкового вала насоса, центробежная сила вращающихся грузов снижается. Когда она уменьшится на величину усилия затяжки пружины 6 корректора, пружина 6 корректора вытолкнет шток корректора, рычаг 3 обогатителя пе-

реместит рейки насоса на увеличение подачи на величину хода штока.

Холостой ход.

При увеличении частоты вращения вала дизеля свыше номинального значения центробежная сила грузов начнет расти и при каком-то значении частоты сравняется с усилием натянутой пружины 4 регулятора – рычаг 2 регулятора и рейки начнут дрожать – наступит момент начала действия регулятора. При дальнейшем повышении частоты вращения вала центробежная сила грузов превысит усилие пружины 4 регулятора, рычаг обогатителя 3 начнет перемещаться, смещая рейки на уменьшение подачи топлива, отводя рычаг регулятора 2 от головки винта номинальной подачи 8. При каком-то значении частоты вращения рейки насоса займут положение подачи топлива, достаточного только для прокручивания дизеля (режим максимальной частоты вращения холостого хода). Если частоту вращения еще увеличить – подача насоса выключится полностью (режим максимальной частоты вращения для насоса – дизель неработоспособен).

Пуск дизеля.

При пусковых частотах вращения вала дизеля рычаг управления регулятором 1 упирается в винт 7 скоростного режима, рычаг 1а упирается в винт 9 пусковой подачи, центробежная сила вращающихся грузов равна нулю или минимальна, поэтому усилие полностью растянутой пружины регулятора 4 переводит рычаг регулятора 2 до соприкосновения с плоскостью головки винта номинальной подачи, усилием пружины корректора 6 рычаг обогатителя перемещает рейки на увеличение подачи, а усилие пружины 5 обогатителя через дифференциальный рычаг 3а дополнительно перемещает рейки – подача насоса максимальна. После пуска дизеля частота вращения вала увеличивается, центробежной силы грузов становится достаточно для преодоления усилия пружины 5 обогатителя и пружины 6 корректора, рычаг 3 обогатителя прижимается к рычагу 2 регулятора, смещая рейки насоса на уменьшение подачи. Дальнейший режим работы дизеля зависит от взаимных значений усилия пружины 4 (положения рычага 1) и центробежной силы грузов.

Приложение Д.
Устройство и работа регуляторов типа 60, 80, 90
(двигателей ЯМЗ)

Номинальный режим.

На номинальном режиме работы дизеля рычаг 1 упирается в винт 7 скоростного режима, пружина регулятора 4 растянута максимально, центробежная сила вращающихся грузов незначительно меньше суммы усилий пружины 4 регулятора и пружины 6 корректора, поэтому рычаг регулятора 2 занимает положение, при котором головка винта номинальной подачи топлива 8 упирается в ось рычага 1 управления регулятором, шток корректора утоплен полностью, рычаг обогатителя 3 устанавливает рейку насоса в положение номинальной подачи топлива.

Перегрузка дизеля.

Увеличение нагрузки вызывает снижение частоты вращения коленчатого вала дизеля и кулачкового вала насоса, центробежная сила вращающихся грузов уменьшается. Когда она изменится на величину усилия затяжки пружины 6 корректора, эта пружина вытолкнет шток корректора, рычаг 3 обогатителя переместит рейку насоса на увеличение подачи на величину хода штока.

Холостой ход.

При увеличении частоты вращения вала дизеля свыше номинального значения центробежная сила грузов начнет расти и при каком-то значении частоты сравняется с усилием натянутой пружины 4 регулятора – рычаг 2 регулятора и рейка начнут дрожать – наступит момент начала действия регулятора. При дальнейшем повышении частоты вращения вала центробежная сила грузов превысит усилие пружины 4 регулятора, рычаг обогатителя 3 начнет перемещаться, уводя рейку на уменьшение подачи топлива и отводя головку винта номинальной подачи 8 от оси рычага 1. При каком-то значении частоты вращения кулачкового вала рейка насоса займет положение, соответствующее подаче топлива, достаточной только для прокручивания коленчатого вала дизеля (режим максимальной частоты вращения холостого хода). Если частоту вращения еще увеличить – подача насоса выключится полностью (режим максимальной частоты вращения для насоса – дизель неработоспособен).

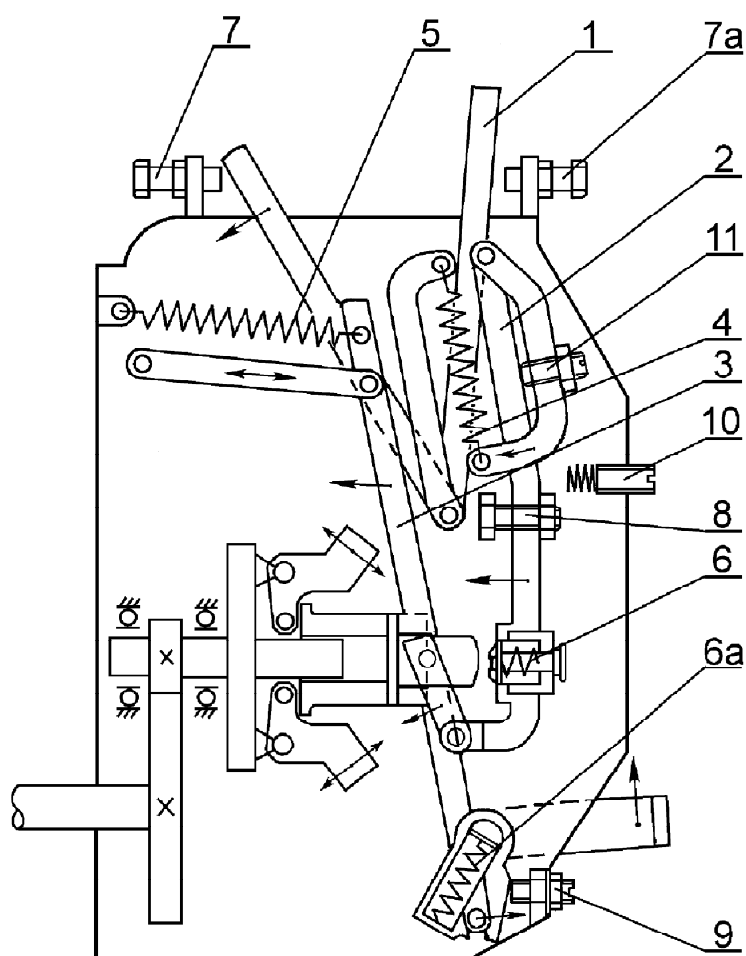


Рисунок Д.1 - Регулятор топливного насоса типов 60, 80, 90 (ЯМЗ):
 1 – рычаг управления регулятором; 2 – (основной) рычаг регулятора; 3 – рычаг (промежуточный) обогатителя; 4 – пружина регулятора; 5 – пружина обогатителя; 6 – пружина корректора; 6а – пружина кулисы; 7 – винт ограничения максимальной частоты вращения (скоростного режима); 7а – винт минимальной частоты вращения; 8 – винт номинальной подачи; 9 – винт пусковой подачи; 10 – винт-упор хода (основного) рычага регулятора; 11 – винт предварительного натяжения пружины регулятора

Пуск дизеля.

При пусковых частотах вращения вала дизеля рычаг управления регулятором 1 упирается в винт 7 скоростного режима, центробежная сила вращающихся грузов равна нулю или минимальна, поэтому усилие полностью растянутой пружины регулятора 4 переводит рычаг регулятора 2 до соприкосновения головки винта номинальной подачи с осью рычага 1, а усилия пружин 5

обогапителя и б корректора устанавливают рычаг обогапителя и рейку насоса на увеличение подачи. Перемещение кулисы насоса до упора в винт пусковой подачи 9 смещает нижний конец рычага обогапителя (по рисунку – вправо), позволяя его верхним концом дополнительно сдвинуть рейку в положение максимальной подачи. После пуска дизеля частота вращения вала увеличивается, центробежной силы грузов становится достаточно для преодоления усилия пружин 5 обогапителя и б корректора, рычаг 3 обогапителя прижимается к рычагу 2 регулятора, смещая рейку насоса на уменьшение подачи. Одновременно кулиса насоса устанавливается в рабочее положение, перемещая рычаг 3 обогапителя (нижний конец рычага обогапителя смещается влево (по рисунку), а верхний конец вправо) на уменьшение подачи. Дальнейший режим работы дизеля зависит от взаимных значений усилия пружины 4 (положения рычага 1) и центробежной силы грузов (частоты вращения вала дизеля).

Учебное издание

Лиханов Виталий Анатольевич,
Деветьяров Руслан Раифович,
Россохин Алексей Валерьевич

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ

Учебное пособие

Редактор И.В. Окишева

Заказ № . Подписано к печати 2019 г.
Формат 210x297 1/16. Объем усл. печ. л. 6,56. Тираж 500 экз.
Бумага офсетная. Цена договорная.

ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133.
Отпечатано в типографии ФГБОУ ВО Вятской ГСХА.