

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для магистрантов направления подготовки
23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»
очной и заочной форм обучения*



Могилёв 2019

УДК 629.3.018
ББК 39.33
И 88

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой ТТМ «2» апреля 2019 г., протокол № 9

Составитель канд. техн. наук, доц. Е. В. Кузнецов

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

Методические рекомендации предназначены для проведения лабораторных работ магистрантами направления подготовки 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» направленности (профиля) «Компьютерный инжиниринг при проектировании транспортных и технологических машин».

Учебно-методическое издание

ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Технический редактор	С. Н. Красовская
Компьютерная вёрстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилёв.

© Белорусско-Российский
университет, 2019



Содержание

Введение	4
1 Лабораторная работа № 1. Сборка измерительных схем и их тарировка.....	5
2 Лабораторная работа № 2. Исследование разгона машины с ГМТ на моторно-динамическом стенде	9
3 Лабораторная работа № 3. Оценка тяговых характеристик машины на стенде с беговыми барабанами	13
4 Лабораторная работа № 4. Снятие скоростных характеристик дизеля	16
5 Лабораторная работа № 5. Определение характеристик гидротрансформатора	19
6 Лабораторная работа № 6. Снятие характеристик всережимного регулятора ТНВД дизеля	23
7 Лабораторная работа № 7. Определение характеристик амортизатора и рессоры подвески машины	27
8 Лабораторная работа № 8. Оценка КПД дифференциала	29
9 Лабораторная работа № 9. Снятие индикаторной диаграммы ДВС	32
Список литературы	35



Введение

Целью лабораторных работ по дисциплине «Исследования и испытания наземных транспортно-технологических машин» для магистрантов направления подготовки 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы» направленности (профиля) «Компьютерный инжиниринг при проектировании транспортных и технологических машин» является получение практических навыков работы в роли инженера-испытателя машиностроительного завода.

Подготовка к каждой лабораторной работе заключается в самостоятельном изучении по заданной теме учебников, специальной литературы, конспектов лекций, методических рекомендаций и иных материалов.

Организация лабораторных работ предполагает тщательное изучение по каждой теме методических рекомендаций и самостоятельное проведение исследований в присутствии преподавателя-консультанта в специализированной лаборатории № 116 «Стендовый зал» корпуса 3.

Работа на оборудовании связана с подвижными элементами и высоким напряжением. Поэтому следует строго придерживаться Правил техники безопасности и без инструктажа на рабочем месте не приступать к практической работе!

Отчёт по каждой работе оформляется на двойном тетрадном листе. Во время защиты отчёт предъявляется, а после неё сдаётся преподавателю.

В процессе защиты магистрант демонстрирует преподавателю знания, накопленные при подготовке и выполнении лабораторной работы.



1 Лабораторная работа № 1. Сборка измерительных схем и их тарировка

Цель работы: изучение структуры измерительной схемы, методики её тарировки с оценкой погрешности измерений, а также получение навыков практической работы в сборке измерительных цепей.

Задачи:

- 1) изучение данных методических рекомендаций;
- 2) изучение заводских инструкций к приборам, составляющим измерительную схему;
- 3) сборка измерительных цепей;
- 4) калибровка и тарировка собранных измерительных схем;
- 5) оценка погрешности измерений.

Оборудование, инструменты, материалы:

- 1) виброизмерительная аппаратура ВИБ-6ТН с датчиками перемещений и ускорений.
- 2) блок питания ± 28 В.
- 3) осциллограф Н-117 с блоком питания.

Основные положения

При испытаниях техники измеряют: механические величины (угловые скорости ω , моменты M , линейные скорости v , углы поворота φ и др.), гидравлические величины (давления p , расходы Q), электрические величины (напряжения U , силы тока I), а также параметры и характеристики другой физической природы. Однако современная регистрирующая аппаратура обрабатывает исключительно электрические сигналы, т. е. изменения напряжения и силы тока. Поэтому для регистрации почти каждой динамически изменяемой измеряемой величины требуется, кроме собственно регистрирующего прибора, первичный преобразователь сигнала (датчик), который преобразует измеряемую величину в электрический сигнал, а также промежуточный преобразователь, например, усилитель, токосъёмник или иной прибор. Значит в общем случае схема измерений содержит:

- 1) датчик (первичный преобразователь измеряемой величины);
- 2) промежуточный преобразователь (усилитель, токосъёмник и т. д.);
- 3) регистрирующее устройство (ЭВМ, осциллограф, самописец и т. п.), которое записывает измеряемый сигнал на свой носитель информации.

Осциллограф Н-117 представляет собой универсальный регистрирующий прибор магнитоэлектрической системы с оптической записью на фотоленте до 12 исследуемых процессов при проведении стендовых испытаний техники. Данный светолучевой осциллограф состоит из следующих узлов:



- 1) лентопротяжного механизма с кассетой для фотоленты;
- 2) источника света – ртутная лампа ДРШ 100-2;
- 3) оптической системы с отметчиком времени;
- 4) магнитного блока с комплектом гальванометров;
- 5) пульта управления;
- 6) комплекта соединительных кабелей с клеммными колодками;
- 7) блока питания.

Осциллограф имеет 12 скоростей движения фотоленты (0,5...10000 мм/с). Основная погрешность регистрации составляет 1,5 % при времени прогрева не менее 10 мин. Электропитание осуществляется от источника переменного тока 220 В, 50 Гц. Потребляемый осциллографом ток составляет 4,5 А.

Электрические сигналы, поступающие в осциллограф, преобразуются его чувствительными элементами (гальванометрами) и оптической системой в соответствующую ординату светового луча, отображаемого на фотоленте.

Гальванометры устанавливаются в гнездах магнитного блока, расположенного с противоположной стороны от кассеты и закрываемого крышкой. Принцип действия гальванометра основан на законе электромагнитной индукции, следствием которого является отклонение на пропорциональный току угол встроенного миниатюрного зеркальца, отражающего луч света. Внутренняя полость гальванометра заполнена демпфирующей жидкостью. Осциллограф Н-117 комплектуется гальванометрами модели НУ-84 восьми типов (номеров).

Подбор гальванометров необходимо производить в зависимости от требуемой чувствительности, т. е. амплитуды электрического сигнала (максимальной величины протекающего через него тока) и от частоты регистрируемого процесса. Во избежание порчи гальванометра, нельзя превышать максимально допустимую величину тока I_{\max} !

В магнитном блоке каждый гальванометр фиксируется винтом. При отсутствии гальванометра для стабильной работы остальных в пустые отверстия магнитного блока необходимо устанавливать специальные магнитные вкладыши (имитаторы гальванометров).

С целью учёта времени в осциллографе через определённые интервалы времени (в зависимости от заданной скорости) генерируются световые импульсы, отображаемые на фотоленте в виде вертикальных отметок времени.

ВИ6-6ТН – это виброизмерительная индуктивная шестиканальная шестого поколения с выходом по току и по напряжению аппарата, которая работает в комплекте с индуктивными датчиками и имеет повышенную чувствительность. Отличительной особенностью аппаратуры является не критичность её амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) к сопротивлению регистраторов (гальванометров), т. е. на выходе по току нагрузка может меняться от 3 до 30 Ом, а на выходе по напряжению – не менее 5 кОм.

В основе работы рассматриваемой аппаратуры ВИ6-6ТН лежит принцип амплитудной модуляции (преобразования) несущей частоты индуктивными датчиками, катушки которых подключены к усилителю по дифференциальной (полумостовой) схеме (рисунок 1.1).



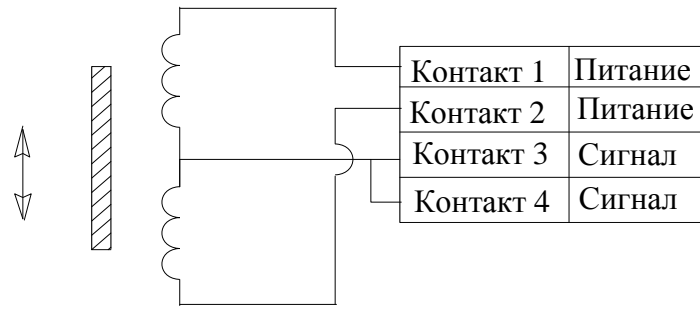


Рисунок 1.1 – Схема индуктивного датчика ВИБ-6ТН

От встроенного в ВИБ-6ТН генератора несущей частоты на обмотки датчиков поступает переменное напряжение частотой 6 кГц. При перемещении якоря датчика происходит изменение индуктивности катушек (обмоток) датчика, а значит и реактивного сопротивления плеч полумоста измерительной схемы. Это приводит к изменению тока, протекающего по измерительной цепи. Сигнал от датчика идёт на демодулятор, где отсекается несущая частота, после чего сигнал усиливается и поступает на выход к регистрирующему прибору.

Перед испытаниями какого-либо объекта после сборки измерительной цепи проводят её калибровку (установку нуля), тарировку (масштабирование) с учётом АЧХ и оценку погрешности измерений.

Тарировка аппаратуры сводится к нахождению коэффициента тарировки (коэффициента чувствительности) измерительной схемы «датчик – усилитель – луч гальванометра», определяющего зависимость изменения входной величины, например, ускорения, к выходной величине (миллиметры отклонения луча гальванометра). Коэффициент тарировки – это отношение приращения входного сигнала dA измеряемой величины к приращению выходного сигнала dZ на регистрирующем приборе:

$$k = dA / dZ.$$

Калибровку и тарировку измерительной схемы осуществляют с помощью прибора-указателя с известной ценой деления. При этом входной сигнал изменяют от минимального до максимального значений, регистрируют выходной. Затем строят графики $A = f(Z)$ и $k = f(Z)$. Задаваясь допустимым отклонением коэффициента тарировки $\Delta k (\pm 5 \%)$, определяют диапазон линейной зависимости выходного сигнала от входного.

Если измеряемая величина меняется с частотой более 10 Гц, то проводят не только статическую тарировку, но и динамическую. При этом оценивают зависимость динамического коэффициента тарировки k_δ от частоты исследуемого процесса Ω . Тогда АЧХ измерительной цепи (рисунок 1.2) определится зависимостью:

$$A(\Omega) = k / k_\delta.$$

При измерениях могут быть погрешности случайные и систематические,

которые зависят от исследователя, приборов, внешних факторов, например, вибрации.

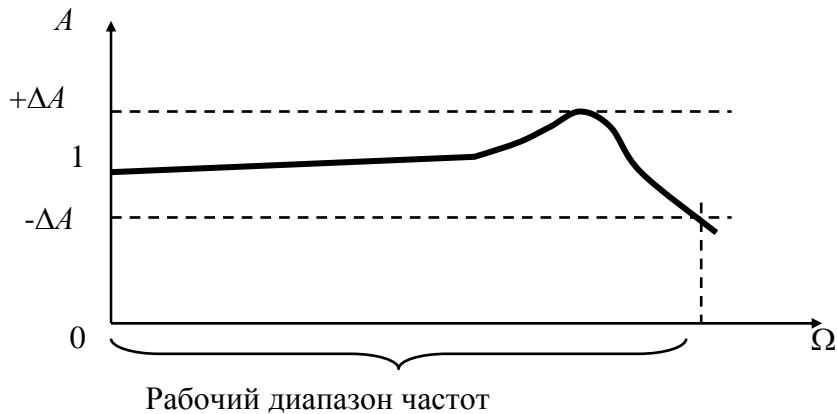


Рисунок 1.2 – АЧХ измерительной цепи

Для оценки погрешности (доверительного интервала) экспериментальной характеристики при многократных измерениях выполняются следующие действия:

- 1) при регистрации каждой j -й точки Z_j определяемой характеристики необходимо выполнить несколько параллельных опытов ($n \geq 3$);
- 2) вычислить среднее значение регистрируемой величины для каждой j -й точки снимаемой характеристики $Z_{j,cp}$;
- 3) оценить среднее квадратическое отклонение для каждой j -й точки:

$$\sigma_{zj} = \sqrt{\frac{\sum (Z_{ji} - Z_{j,cp})^2}{n-1}};$$

- 4) определить доверительный интервал в каждой j -й точке снимаемой характеристики:

$$a_z = \pm t_p \sigma_{zj},$$

где t_p – коэффициент Стьюдента для данного количества параллельных опытов и принятой доверительной вероятности P (при $P = 0,95$ и $n = 3$ имеем $t_p = 4,30$; если же $n = 4$, то $t_p = 3,18$; для $n = 5$ коэффициент Стьюдента $t_p = 2,78$).

При однократных измерениях в каждой точке снимаемой характеристики погрешность измерений будет определяться приведенными погрешностями приборов, составляющих измерительную схему:

$$a_z = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \dots}$$

Методика проведения работ

1 В отчёте по лабораторной работе отразить цель и задачи исследований, функциональную схему измерительной цепи, принципиальные схемы датчика перемещений и датчика ускорений ВИБ-6ТН.

2 Собрать измерительную цепь для оценки ускорений, откалибровать её и определить коэффициент тарировки, продемонстрировав преподавателю результаты работы.

3 Собрать измерительную цепь для оценки перемещений, откалибровать её и определить коэффициент тарировки, продемонстрировав преподавателю результаты работы.

4 Отразить в отчёте полученные графики $A = f(Z)$ и $k = f(Z)$.

5 Определить доверительный интервал коэффициента тарировки для цепи измерения перемещений, отразив полученные данные в отчёте.

Меры безопасности.

1 При подключении приборов соблюдать полярность.

2 В электросети высокое напряжение (220 В). Поэтому подключать блоки питания необходимо с осторожностью.

Контрольные вопросы

1 Составляющие измерительной схемы.

2 Что такое калибровка и тарировка измерительной цепи?

3 Принцип работы индуктивного датчика.

4 Методики оценки погрешности измерений при многократных и однократных измерениях в каждой точке.

2 Лабораторная работа № 2. Исследование разгона машины с ГМТ на моторно-динамическом стенде

Цель работы: изучение методики стендовых испытаний моторно-трансмиссионной установки самоходной машины.

Задачи:

1) изучение данных методических рекомендаций;

2) изучение конструкции и характеристик моторно-динамического стенда № 1 с дизелем и гидромеханической трансмиссией;

3) изучение измерительных цепей моторно-динамического стенда № 1;

4) получение практических навыков в управлении моторно-динамическим стендом № 1;

5) снятие осциллограмм угловой скорости носка коленчатого вала двигателя, угловой скорости турбинного вала гидротрансформатора, угловой скорости

вала тормоза стенда, положения рычага управления подачей топлива дизеля, тормозного момента.

Оборудование, инструменты, материалы:

1) моторно-динамический стенд № 1 с дизелем RABA-MAN, гидромеханической передачей (ГМП) ЛАЗ-НАМИ-035, маховыми массами с кинетической энергией эквивалентной 9 т поступательно движущейся массы, тормозом-нагружателем, комплектом указанных датчиков и управляющей ЭВМ.

2) характеристика моторно-динамического стенда № 1.

Основные положения

К стендовым испытаниям относят такие, которые проводят при неподвижной машине или её части на специальном (стендовом) оборудовании, представляющим собой стационарные технические устройства для воспроизведения внешних воздействий, которые могут возникать в процессе эксплуатации машины с целью получения информации о характеристиках и свойствах объекта испытаний.

Любой стенд предназначен для создания определённого режима испытаний, т. е. уровня, частоты и продолжительности воздействий.

Для исследования скоростных и некоторых других свойств машины применяют прямоточные тормозные стенды с моторно-трансмиссионными установками. Такой стенд состоит из рамы, на которой смонтированы двигатель, трансмиссия, маховые массы, имитирующие инерцию машины, тормоз-нагружатель. В комплект стенда также входят: радиатор ДВС, теплообменник ГМП, топливный бак, пульт управления, комплект датчиков и регистрирующая аппаратура.

Упрощённая схема прямоточного тормозного стенда для исследования динамики моторнотрансмиссионной установки изображена на рисунке 2.1.

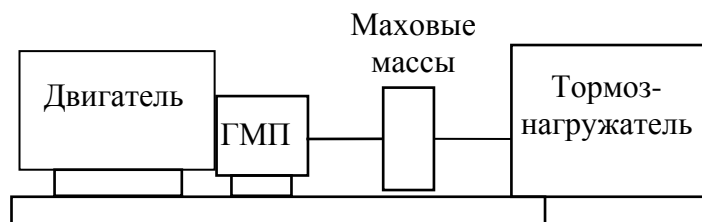


Рисунок 2.1 – Схема тормозного стенда для испытаний моторнотрансмиссионных установок

Требуемый режим испытаний задаётся с помощью скоростного режима двигателя и нагрузочного режима тормоза-нагружателя, в качестве которого применяют:

- электробалансирную машину (МПБ), работающую в режиме генератора;
- электропорошковый тормоз (рисунок 2.2);



– гидродинамический тормоз (опорожняемая гидромурфта с неподвижным турбинным колесом).

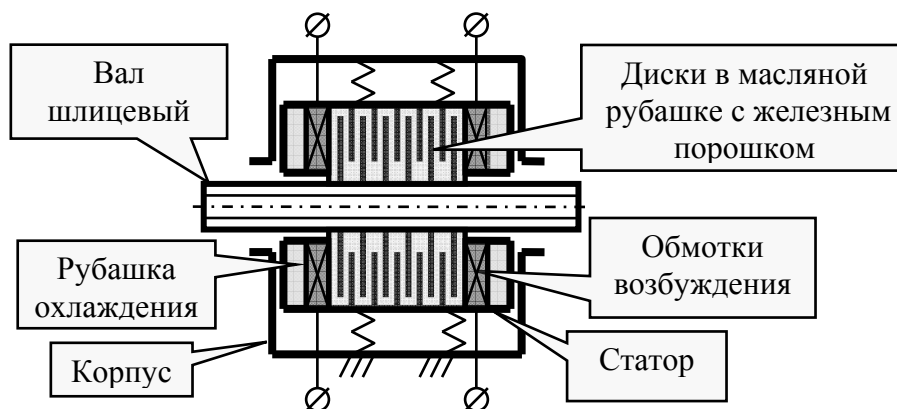


Рисунок 2.2 – Схема электропорошкового тормоза

Для измерения нагрузочного крутящего момента на изучаемом стенде используется метод оценки реактивного момента тормоза. Данный метод получил широкое применение при проведении стендовых испытаний. Суть его в том, что статор нагружающего устройства крепится к корпусу через упругие элементы (пружины, рессоры и т. п.). При действии реактивного момента данные упругие элементы деформируются, что фиксирует датчик перемещений (индикатор часового типа и индуктивный датчик перемещений виброизмерительной аппаратуры ВИБ-6ТН). Схему данного метода иллюстрирует рисунок 2.3.

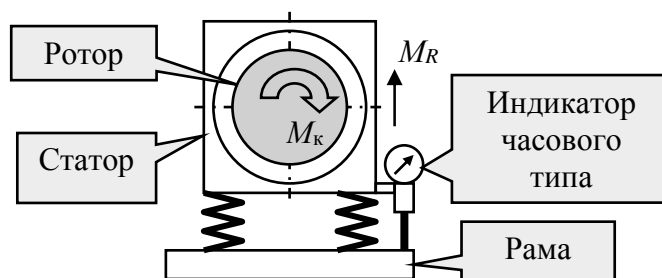


Рисунок 2.3 – Схема оценки тормозного момента с помощью реактивного

Для определения требуемых характеристик стенд комплектуется измерительными цепями (схемами), каждая из которых содержит датчик, промежуточный преобразователь в виде аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) и регистрирующее устройство (ЭВМ). Поэтому изучаемый стенд кроме штатных датчиков и приборов для контроля состояния двигателя и ГМП содержит:

а) три дополнительных датчика угловых скоростей (тахогенераторы):

- 1) носка коленчатого вала двигателя ω_d ;
- 2) турбинного вала ГМП ω_m ;
- 3) вала электропорошкового тормоза ω_a ;

б) два дополнительных индуктивных датчика перемещений ВИ6-6ТН:

- 1) положения рычага подачи топлива дизеля γ_d ;
- 2) реактивного момента тормоза M_m .

В качестве регистрирующего прибора используется компьютер с АЦП фирмы L-Card и программой (приложением) *LGraph 2*.

АЦП предназначен для работы ЭВМ в качестве управляющей и обеспечивает преобразование напряжения датчика в цифровой двоичный код.

Методика проведения работ

1 В отчёте по данной работе отразить цель и задачи исследований, структурную схему моторно-динамического стенда № 1 со схемой расположения дополнительных датчиков.

2 Запустить дизель моторно-динамического стенда № 1. Для этого:

- а) проверить уровни масла в двигателе и ГМП (при необходимости долить);
- б) заполнить систему охлаждения стенда водой, открыв вентили (краны) под раковиной лаб. 116/3, верхний кран системы охлаждения стенда (около топливного бака) и в верхнем бачке радиатора;
- в) включить вилок пускового устройства в розетку 380 В и тумблер;
- г) рычаг управления подачей топлива повернуть в положение максимальной подачи (на себя);
- д) нажать на пульте управления и удерживать до начала работы дизеля красную кнопку включения стартера.

3 Прогреть 3 мин стенд на режиме холостого хода 1000 об/мин.

4 Включить:

- а) усилитель ВИ6-6ТН (внизу справа в пульте управления);
- б) управляющую ЭВМ и запустить программу *LGraph 2*.

5 Произвести имитацию разгона и торможения машины. Для этого:

- а) увеличить подачу топлива до частоты вращения 1500 об/мин;
- б) включить первую передачу путём поворота серого маховика командного устройства на пульте управления по часовой стрелке;
- в) после достижения 20 км/ч (по спидометру) включить вторую передачу (между передачами – нейтраль), а после 40 км/ч – третью;
- г) по достижении 50 км/ч заблокировать гидротрансформатор, нажав чёрную правую клавишу на пульте управления;
- д) нагрузить стенд, включив на пульте управления первую ступень блока питания ВСА порошкового тормоза и плавно повернув его чёрный маховик по часовой стрелке;
- е) после начала снижения скорости (по спидометру) разблокировать гидротрансформатор, переключиться на вторую, а затем первую передачу, и в конце на нейтральную.

6 Остановить программу *LGraph 2*, посмотреть на экране ЭВМ полученные осциллограммы, распечатать их и привести в отчёте.



7 Заглушить дизель. Выключить пусковое устройство стенда и ЭВМ.

Меры безопасности.

1 Испытательные работы проводить при достаточной вентиляции лаборатории.

2 При работе стенда категорически запрещается находиться вблизи и в плоскости вращения маховых масс.

3 Для недопущения порчи тормоза стенда запрещается включать вторую ступень блока питания ВСА.

Контрольные вопросы

1 Структура тормозного стенда.

2 Конструкция и принцип работы электропорошкового тормоза.

3 Структура измерительной схемы для регистрации положения рычага управления подачей топлива двигателя.

4 Расшифровка осциллограмм.

5 Управление программой (приложением) *LGraph 2*.

3 Лабораторная работа № 3. Оценка тяговых характеристик машины на стенде с беговыми барабанами

Цель работы: изучение методики стендовых испытаний машины по определению её тяговых характеристик.

Задачи:

1) изучение данных методических рекомендаций;

2) изучение конструкции и характеристик стенда с беговыми барабанами;

3) изучение измерительных цепей стенда с беговыми барабанами;

4) получение практических навыков в управлении автомобилем ВАЗ-2105 и стендом с беговыми барабанами;

5) определение с помощью осциллограмм характеристик машины – угловой скорости ведущих колёс, угловой скорости беговых барабанов, силы тяги.

Оборудование, инструменты, материалы:

1) стенд с беговыми барабанами, управляющей ЭВМ и датчиками угловой скорости ведущего колеса испытываемой машины, угловой скорости беговых барабанов и силы тяги испытываемой машины;

2) испытываемый автомобиль ВАЗ-2105.



Основные положения

Тяговые характеристики самоходной машины, т. е. зависимость силы тяги от скорости $F_k = f(v)$ и скольжения колёс $F_k = f(s)$, определяются на стенде с беговыми барабанами, схема которого представлена на рисунке 3.1.

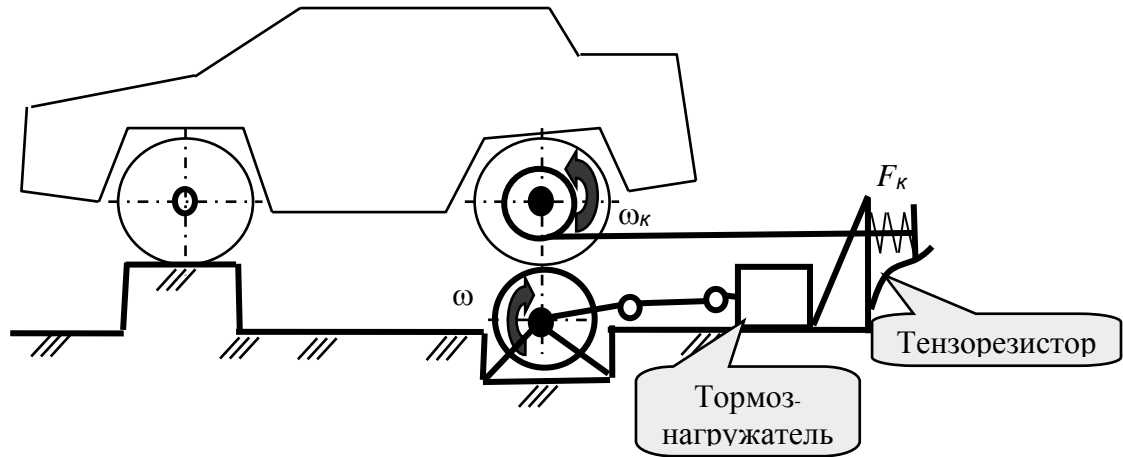


Рисунок 3.1 – Схема стенда с беговыми барабанами

Требуемый режим испытаний задаётся с помощью скоростного режима двигателя, передаточного числа трансмиссии испытываемой машины и нагрузочного режима тормоза-нагрузчика стенда, в качестве которого применён электропорошковый тормоз ПТ-5М.

Для определения требуемых характеристик стенд комплектуется измерительными цепями (схемами), которые содержат:

а) два датчика угловых скоростей (тахогенераторы):

- 1) ведущего колеса испытываемой машины ω_k ;
- 2) левого бегового барабана ω_b ;

б) датчик силы тяги машины (тензорезистор) F_k .

Метод оценки сил через измерение деформаций деталей получил наибольшее применение при испытаниях машин. Так, при измерении силы тяги исследуемого автомобиля ВАЗ-2105 датчик (фольговый розеточный тензорезистор) наклеен на специальной пластине (тензобалочке), регистрирующей деформацию резиновой втулки тяги, которая крепится к раме стенда ведущий мост испытываемой машины.

В качестве регистрирующего прибора рассматриваемого стенда используется ЭВМ. Для согласования сигналов датчиков с компьютером применён АЦП фирмы L-Card с программой *LGraph 2*.

Сопоставляя в любой момент времени информацию указанных датчиков угловых скоростей, оценивается скольжение ведущего колеса s . Для этого в зависимости от конкретных значений ω_k и ω_b в данный момент времени вычисляется либо коэффициент буксования σ , либо коэффициент юза δ , которые изменяются в диапазоне $0 \dots 1$:

$$\sigma = \frac{\omega_{\kappa} - \omega_{\delta}}{\omega_{\kappa}},$$

$$\delta = \frac{\omega_{\delta} - \omega_{\kappa}}{\omega_{\delta}}.$$

Нагрузочный режим на изучаемом стенде задаётся с помощью подачи определённого уровня напряжения от блока питания В-24 на тормоз-нагрузатель ПТ-5М.

Методика проведения работ

1 В отчёте по данной работе отразить цель и задачи исследований, а также структурную схему стенда с обозначением датчиков.

2 Запустить двигатель исследуемой машины ВАЗ-2105, для чего:

а) проверить уровни масла и охлаждающей жидкости в двигателе и бачке охлаждения тормоза-нагрузателя (при необходимости долить);

б) включить вилку пускового устройства в розетку 380 В (сзади испытываемого автомобиля) и левый тумблер на пусковом устройстве (под радиатором машины);

в) сесть на сиденье водителя, вытянуть кнопку управления воздушной заслонки и повернуть ключ в замке зажигания по часовой стрелке, удерживая его в положении «Стартер» до запуска мотора.

3 Прогреть 2 мин двигатель на частоте около 2000 об/мин, постепенно возвращая кнопку управления воздушной заслонки в исходное положение.

4 Включить ЭВМ и запустить программу *LGraph 2*.

5 Разогнать стенд на первой передаче. Для этого:

а) нажать правой ногой на педаль управления подачей топлива (педаль «газа» – крайняя правая) до частоты вращения вала двигателя 1500 об/мин;

б) левой ногой до упора нажать педаль управления сцеплением (крайняя левая);

в) правой рукой включить первую передачу путём наклона рычага переключения передач к сиденью водителя, а затем наклона вперёд до упора;

г) плавно отпустить педаль сцепления.

6 Задать переменный режим испытаний путём увеличения до 2000 об/мин и уменьшения до 1000 об/мин нажатием на педаль «газа» и одновременно с этим нагружать стенд, включив блок питания В-24 порошкового тормоза-нагрузателя и плавно поворачивая его маховичок по часовой стрелке и против, обеспечивая разные уровни скольжения колёс.

7 Получив осциллограммы переходных процессов, выключить передачу, заглушить двигатель, разгрузить тормоз-нагрузатель стенда, выключить пусковое устройство.

8 Остановить программу *LGraph 2*, посмотреть на экране ЭВМ осциллограммы и проанализировать их, т. е. определить для 20 точек (режимов) скольжение s и силу тяги F_{κ} .



9 Отобразить в отчёте данные п. 8, по которым построить график $F_k = f(s)$ и оценить его доверительный интервал (см. стр. 8), выключить ЭВМ.

Меры безопасности.

1 Испытательные работы проводить при удовлетворительной вентиляции лаборатории.

2 При работе стенда не находиться вблизи беговых барабанов.

Контрольные вопросы

1 Структура стенда с беговыми барабанами.

2 Измерительная схема регистрации силы тяги машины.

3 Скоростные характеристики машины.

4 Лабораторная работа № 4. Снятие скоростных характеристик дизеля

Цель работы: изучение методики стендовых испытаний дизеля по определению его скоростных характеристик.

Задачи:

1) изучение методических рекомендаций;

2) изучение конструкции и характеристики моторно-динамического стенда № 1 с дизелем и гидромеханической трансмиссией;

3) получение практических навыков в управлении моторно-динамическим стендом № 1;

4) определение зависимостей крутящего момента и мощности дизеля от угловой скорости маховика и положения рычага подачи топлива $M_d = f(\omega_d; \gamma_d)$; $N_d = f(\omega_d; \gamma_d)$.

Оборудование, инструменты, материалы:

1) моторно-динамический стенд № 1 с дизелем RABA-MAN и электропорошковым тормозом ПТ-250;

2) характеристика моторно-динамического стенда № 1.

Основные положения

Различают три вида характеристик ДВС:

1) скоростные, когда аргументом является частота вращения коленчатого вала n_d или его угловая скорость ω_d , а функциями – крутящий момент на маховике M_d , мощность N_d , часовой расход топлива G_m и др.;

2) нагрузочные, когда аргументом является среднее эффективное давление p_e в цилиндрах двигателя или его мощность N_d ;

3) регулировочные, когда в качестве аргумента используется какой-либо регулируемый параметр, например, угол опережения впрыска топлива θ_n .

Если скоростная характеристика двигателя, например, $M_\delta = f(\omega_\delta)$ определяется при максимальном нажатии на рычаг управления подачей топлива ($\gamma_\delta = 1$, т. е. 100 %) и включенном регуляторе цикловой подачи топлива, то такую характеристику называют внешней скоростной. Если же скоростные характеристики получают при работе регулятора и $\gamma_\delta = 1$, то их называют предельными регуляторными. В противном случае, т. е. при $\gamma_\delta < 1$, характеристики называются частичными.

Характерными точками скоростных характеристик мотора являются:

- 1) минимальная угловая скорость вала мотора на холостом ходу $\omega_{x.x}^{\min}$;
- 2) максимальная угловая скорость вала на холостом ходу $\omega_{x.x}^{\max}$;
- 3) угловая скорость ω_M , при которой достигается максимальный крутящий момент M_{\max} ;
- 4) номинальная угловая скорость ω_N , при которой имеет место номинальная мощность N_N с моментом M_N ;
- 5) угловая скорость ω_g , когда двигатель имеет минимальный удельный расход топлива g_e^{\min} .

В зависимости от типа регулятора цикловой подачи топлива различают характеристики дизелей: с всережимным регулятором (ВРД); с двухрежимным регулятором (2РД); с многорежимным регулятором, в частности двигатель постоянной мощности (ДПМ).

Для определения (снятия) характеристик ДВС применяют тормозные стенды. Основными элементами такого стенда являются: опорная рама с кронштейнами для крепления механизмов; испытываемый двигатель с радиатором и топливным баком; тормоз-нагрузатель; соединительные валы с муфтами; пульт управления с контрольными приборами.

Требуемый режим испытаний задаётся с помощью скоростного режима двигателя и нагрузочного режима тормоза-нагрузателя, в качестве которого на стенде № 1 применён электропорошковый тормоз ПТ-250.

Для измерения нагрузочного крутящего момента на изучаемом стенде используется метод оценки реактивного момента тормоза (см. Лабораторную работу № 2).

Методика проведения работ

1 В отчёте по данной работе отразить цель и задачи исследований, а также структурную схему тормозного стенда для снятия характеристик дизеля.

2 Запустить двигатель моторно-динамического стенда № 1. Для этого:

а) проверить уровни масла в моторе и ГМП (при необходимости долить);

б) заполнить систему охлаждения стенда водой, открыв вентили (краны) под раковиной лаб. 116/3, верхний краник системы охлаждения стенда

(около топливного бака) и в верхнем бачке радиатора;

в) включить вилку пускового устройства в розетку 380 В и тумблер;

г) рычаг управления подачей топлива повернуть в положение максимальной подачи (на себя);

д) нажать на пульте управления и удерживать до начала работы дизеля красную кнопку включения стартера.

3 Прогреть 3 мин дизель на режиме холостого хода 1000 об/мин.

4 Вывести стенд на заданный преподавателем режим. Для этого:

а) увеличить подачу топлива до частоты вращения 1500 об/мин;

б) включить первую передачу путём поворота по часовой стрелке серого маховичка командного устройства ГМП на пульте управления;

в) по достижении 20 км/ч включить вторую передачу;

г) после достижения 1400 об/мин заблокировать гидротрансформатор, нажав на чёрный правый тумблер на пульте управления.

5 Не изменяя положения рычага подачи топлива, нагружать стенд, включив на пульте управления первую ступень блока питания ВСА порошкового тормоза-нагрузателя и плавно поворачивать его чёрный маховичок по часовой стрелке до уменьшения частоты вращения вала дизеля на 50 об/мин, отмечая при этом в отчёте показания индикатора часового типа тормоза-нагрузателя.

6 Получив (сняв) таким образом, 4...5 точек скоростной характеристики дизеля, т. е. в итоге уменьшив на 200...250 об/мин частоту вращения дизеля, разгрузить тормоз, разблокировать гидротрансформатор, переключиться на первую передачу, а затем на нейтральную, заглушить дизель, выключить пусковое устройство и слить воду из стенда.

7 По полученным данным построить в отчёте скоростные характеристики исследуемого дизеля $M_d = f(\omega_d)$; $N_d = f(\omega_d)$ для данной γ_d и определить доверительные интервалы полученных зависимостей (см. стр. 8).

Меры безопасности.

1 Испытательные работы проводить при достаточной вентиляции лаборатории.

2 При работе стенда запрещается находиться вблизи и в плоскости вращения маховых масс.

3 Во избежание порчи тормоза, запрещается включать вторую ступень блока питания ВСА тормоза стенда.

Контрольные вопросы

1 Структура тормозного стенда для снятия характеристик мотора.

2 Суть метода оценки нагрузочного момента с помощью реактивного.

3 Скоростные характеристики дизелей.

4 Методика снятия скоростных характеристик ДВС.



5 Лабораторная работа № 5. Определение характеристик гидротрансформатора

Цель работы: изучение методики стендовых испытаний гидродинамического трансформатора (ГДТ) для определения его безразмерных характеристик.

Задачи:

- 1) изучение методических рекомендаций;
- 2) изучение моторно-динамического стенда № 1;
- 3) получение практических навыков в управлении моторно-динамическим стендом № 1;
- 4) определение безразмерных характеристик гидротрансформатора.

Оборудование, инструменты, материалы:

- 1) моторно-динамический стенд № 1 с дизелем, гидромеханической передачей (ГМП) ЛАЗ-НАМИ-035, электропорошковым тормозом ПТ-250 и пультом управления с комплектом приборов автобуса *Ikarus*.
- 2) характеристика моторно-динамического стенда № 1.

Основные положения

Для облегчения управления самоходных машин применяют гидромеханические трансмиссии (ГМТ). Один из элементов такой трансмиссии, автоматически преобразующий крутящий момент – гидротрансформатор. Его работа основана на двойном преобразовании энергии – сначала кинетическая энергия вращающегося насосного лопастного колеса преобразуется в кинетическую энергию жидкости, т. е. в её скоростной напор $v^2/(2g)$, а затем этот напор преобразуется в кинетическую энергию турбинного колеса. В реакторном лопастном колесе жидкость изменяет своё направление, создавая реактивный момент на картере. Все преобразующие свойства ГДТ связаны с изменением расхода жидкости Q в его меридиальной (профильной) плоскости.

Крутящий момент на насосном колесе гидротрансформатора, который нагружает двигатель, определяется по выражению:

$$M_n = \rho \lambda_n D_a^5 \omega_n^2,$$

где ρ – плотность рабочей жидкости, $\rho = 960 \text{ кг/м}^3$;

λ_n – коэффициент момента насосного колеса, определяемый при испытаниях и показывающий нагружающие свойства ГДТ;

D_a – наибольший активный (внутренний) диаметр рабочей полости ГДТ (в ЛАЗ-НАМИ-035 установлен ГДТ ЛГ-370, у которого $D_a = 0,37 \text{ м}$);

ω_n – угловая скорость насосного колеса гидротрансформатора.

Крутящий момент на турбинном колесе ГДТ оценивается как:



$$M_m = K M_n,$$

где K – коэффициент трансформации крутящего момента, показывающий преобразующие свойства ГДТ и определяемый при испытаниях.

КПД гидротрансформатора получают из соотношений:

$$\eta_{mn} = N_m / N_n = \omega_m M_m / (\omega_n M_n) = i_{mn} K,$$

где N_m, N_n – мощность на турбинном и насосном колёсах;

ω_m – угловая скорость турбинного колеса;

i_{mn} – передаточное отношение ГДТ, $i_{mn} = \omega_m / \omega_n$.

Безразмерными характеристиками ГДТ называют зависимости $\rho\lambda_n$, K и η_{mn} от i_{mn} . Для наиболее типичного автотракторного ГДТ эти характеристики показаны на рисунке 5.1.

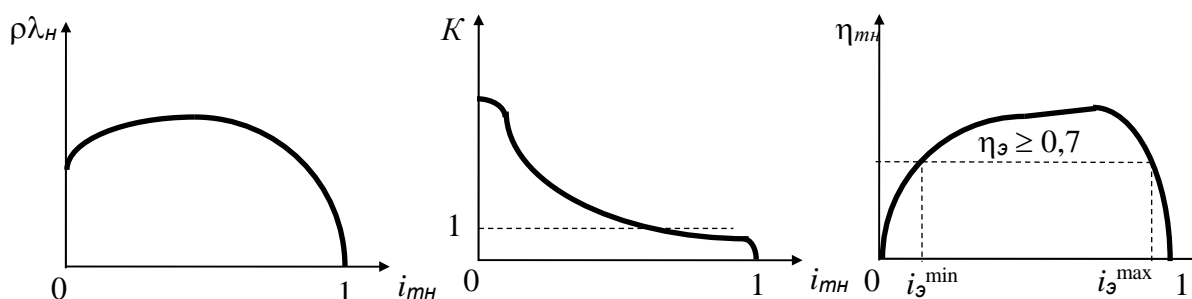


Рисунок 5.1 – Безразмерные характеристики гидротрансформатора

Для определения (снятия) характеристик гидротрансформаторов применяют тормозные стенды. Основными элементами такого стенда являются: опорная рама с кронштейнами для крепления механизмов; приводной двигатель (ДВС или электродвигатель); испытываемый ГДТ; тормоз-нагрузатель; соединительные валы с муфтами; пульт управления с контрольными приборами.

Требуемый режим испытаний задаётся с помощью скоростного режима двигателя и нагрузочного режима тормоза-нагрузателя, в качестве которого на стенде № 1 применён электропорошковый тормоз ПТ-250.

Для измерения нагрузочного крутящего момента на изучаемом стенде используется метод оценки реактивного момента тормоза.

Методика испытаний гидродинамических машин регламентирована стандартами ГОСТ 12118–75 и ГОСТ 17069–71, согласно которым характеристики ГДТ снимают либо при $\omega_n = \text{const}$, либо при $M_n = \text{const}$.

Суть методики испытаний ГДТ заключается в ступенчатом нагружении турбинного вала, поддержании постоянной угловой скорости насосного вала ω_n и определении на каждой ступени нагружения M_n , M_m и ω_m . Затем расчётным путём получают:

$$i_{mn} = \frac{n_m}{n_n}; \quad K = \frac{M_m}{M_n}; \quad \rho\lambda_n = \frac{M_n}{\omega_n^2 D_a^5}; \quad \eta_{mn} = K i_{mn}.$$

Перед снятием характеристик ГДТ необходимо приготовить таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Характеристики гидротрансформатора

Номер точки		1	2	3	4	5
Положение рычага подачи топлива γ_0	град					
	$\gamma_{0.от}$					
Частота вращения вала двигателя n_0	об/мин					
	$n_{0.от}$					
Угловая скорость насоса ГДТ ω_n , рад/с						
Крутящий момент двигателя M_0 , кгс·м						
Крутящий момент насоса ГДТ M_n , Н·м						
Крутящий момент тормоза M_m	мм					
	кгс·м					
Скорость машины v_a , км/ч						
Частота вращения турбины ГДТ n_m , об/мин						

Методика проведения работ

1 В отчёте по данной работе отразить цель и задачи исследований, а также структурную схему стенда для испытаний ГМП.

2 Запустить дизель моторно-динамического стенда № 1. Для этого:

а) проверить уровни масла в двигателе и ГМП (при необходимости долить);

б) заполнить систему охлаждения стенда водой, открыв вентили (краны) под раковиной лаб. 116/3, верхний краник системы охлаждения стенда (около топливного бака) и в верхнем бачке радиатора;

в) включить вилку пускового устройства в розетку 380 В и тумблер;

г) рычаг управления топливом повернуть в положение максимальной подачи (на себя);

д) нажать на пульте управления и удерживать до начала работы дизеля красную кнопку включения стартера.

3 Прогреть 3 мин дизель на режиме холостого хода 1000 об/мин.

4 Вывести стенд на режим начала испытаний ГДТ. Для этого:

а) увеличить подачу топлива до частоты вращения 1500 об/мин;

б) включить первую передачу путём поворота по часовой стрелке серого маховичка командного устройства ГМП на пульте управления;

в) по достижении 20 км/ч включить вторую передачу и с помощью рычага подачи топлива разогнать дизель стенда до 1500 об/мин;

г) занести в таблицу отчёта показания γ_0 , град, n_0 , об/мин, M_m , мм, v_a , км/ч, для первой точки характеристики ГДТ.

5 Нагрузить стенд, включив на пульте управления первую ступень блока питания ВСА порошкового тормоза-нагружателя и плавно поворачивая чёрный



маховичок по часовой стрелке до уменьшения скорости v_a на 5...10 км/ч, а с помощью рычага подачи топлива поддерживая прежнюю частоту вращения вала дизеля. Занести в таблицу отчёта показания γ_∂ , град, n_∂ , об/мин, M_m , мм, v_a , км/ч.

6 Получив (сняв) пять точек характеристик ГДТ, разгрузить тормоз-нагрузатель, переключиться на первую передачу, а затем на нейтральную, заглушить дизель, отключить пусковое устройство и слить воду из стенда.

7 Заполнить пустые графы таблицы. При этом значение момента тормоза-нагрузателя по индикатору в миллиметрах для точки № 1 соответствует нулевой нагрузке (1 кгс·м тормоза = 0,02 мм показаний индикатора).

Крутящий момент двигателя определять по зависимости:

$$M_\partial = 100 \gamma_{\partial.om} / n_{\partial.om},$$

где $\gamma_{\partial.om}$ – относительное текущее положение рычага подачи топлива,

$$\gamma_{\partial.om} = \frac{\gamma_\partial - 8^\circ}{53^\circ - 8^\circ};$$

$$n_{\partial.om} \text{ – относительная частота вращения вала двигателя, } n_{\partial.om} = \frac{n_\partial - 500}{2000}.$$

Частоту вращения турбинного вала ГДТ получать по формуле

$$n_m = 2,46 v_a u_{kn} u_o / r_k,$$

где u_{kn} – передаточное число передачи, на которой проводились испытания (по характеристике моторно-динамического стенда № 1);

u_o – передаточное число главной передачи автобуса IKARUS (6,551);

r_k – радиус ведущего колеса автобуса IKARUS (0,54).

После заполнения таблицы необходимо в отчёте построить рисунок с двумя графиками:

1) зависимость крутящего момента на турбине ГДТ в функции от частоты вращения турбины: $M_m = f(n_m)$;

2) зависимость крутящего момента на маховике дизеля от частоты вращения турбины ГДТ: $M_\partial = f(n_m)$.

На следующем рисунке построить безразмерные характеристики испытуемого ГДТ. Для этого вначале следует оформить таблицу 5.2, содержащую необходимую расчётную информацию:

Таблица 5.2 – Безразмерные характеристики ГДТ

Номер точки	1	2	3	4	5
i_{mn}					
K					
$\rho\lambda_n$					
η_{mn}					



Меры безопасности.

- 1 Испытательные работы проводить при достаточной вентиляции лаборатории.
- 2 При работе станда запрещается находиться вблизи и в плоскости вращения маховых масс.
- 3 Во избежание порчи тормоза, запрещается включать вторую ступень блока питания ВСА тормоза-нагрузителя станда.

Контрольные вопросы

- 1 Структура станда для снятия характеристик гидротрансформатора.
- 2 Конструкция комплексного блокируемого гидродинамического трансформатора крутящего момента.
- 3 Конструкция и принцип работы электропорошкового тормоза-нагрузителя.
- 4 Суть метода оценки нагрузочного момента с помощью реактивного.
- 5 Безразмерные характеристики гидромфты.
- 6 Безразмерные характеристики гидротрансформатора.
- 7 Методика снятия характеристик гидродинамического трансформатора крутящего момента.

6 Лабораторная работа № 6. Снятие характеристик всережимного регулятора ТНВД дизеля

Цель работы: изучение методики стендовых испытаний топливного насоса высокого давления (ТНВД) дизеля по определению характеристик его регулятора.

Задачи:

- 1) изучение данных методических рекомендаций;
- 2) изучение конструкции и характеристики станда для испытаний топливной аппаратуры дизелей КИ-921;
- 3) получение практических навыков в управлении стандом КИ-921;
- 4) определение характеристик регулятора цикловой подачи топлива ТНВД.

Оборудование, инструменты, материалы:

- 1) станд для испытаний топливной аппаратуры дизелей КИ-921;
- 2) ТНВД УТН-5 с транспортиром положения рычага подачи топлива;
- 3) штангенциркуль ШЦ-125.

Основные положения

Любой станд предназначен для создания определённого режима испытаний, т. е. совокупности факторов, воздействующих на испытываемый объект.

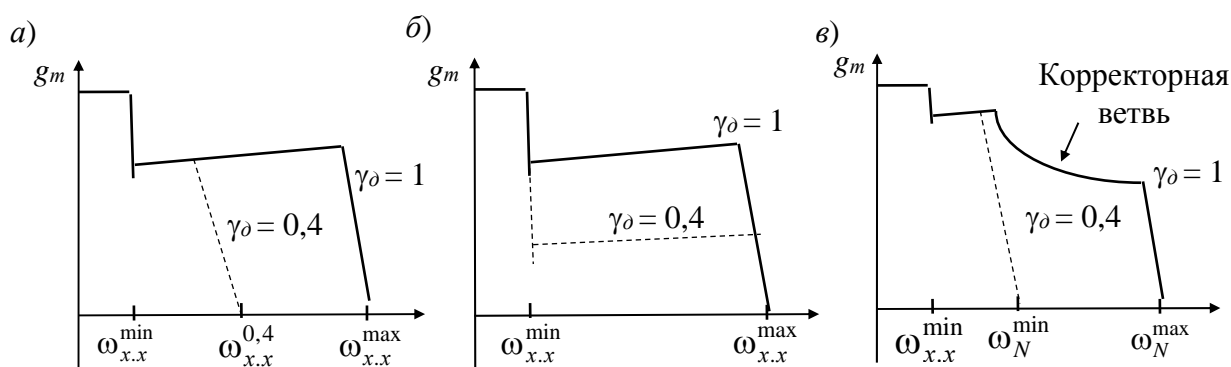


Режим испытаний определяет уровень, частоту, продолжительность воздействий и другие условия, например, температуру среды и т. п.

Стенд КИ-921 предназначен для испытаний и регулировки топливных насосов высокого давления, форсунок, муфт опережения впрыска и подкачивающих насосов дизелей с разделёнными системами подачи топлива и с насос-форсунками. Привод ТНВД на данном стенде осуществляется от асинхронного электродвигателя мощностью 3 кВт через клиноременной вариатор, управление которым производится маховичком, расположенным на передней стенке стенда. Там же находятся кнопки включения и отключения электродвигателя (слева).

Скоростные характеристики дизелей зависят от цикловых подач топлива g_m на конкретном режиме, которые в свою очередь определяются регулятором ТНВД и зависят от положения рычага управления подачей топлива γ_∂ и угловой скорости коленчатого вала ω_∂ .

На рисунке 6.1 представлены типичные характеристики топливных насосов дизелей.



а – всережимный регулятор; б – 2-режимный регулятор; в – многорежимный регулятор

Рисунок 6.1 – Скоростные характеристики цикловых подач ДВС

При падении угловой скорости ниже $\omega_{x.x}^{\min}$ во всех регуляторах вступает в действие пусковой обогатитель, который увеличивает g_m в 1,5...2 раза. Некоторое увеличение цикловых подач на внешней скоростной характеристике с ростом ω_∂ связано с уменьшением относительных утечек.

Многорежимное регулирование обеспечивается применением различных корректоров в механическом регуляторе цикловых подач топлива. Это позволяет получить желаемые характеристики, например, постоянную мощность в широком диапазоне угловых скоростей коленчатого вала – от ω_N^{\min} до ω_N^{\max} . В этом случае характеристики ДВС приближаются к характеристикам «идеальной машины», т. е. вне нагрузочного режима мощность двигателя неизменна. Ещё одним положительным свойством двигателя постоянной мощности (ДПМ) является то, что он имеет в широком диапазоне уровень ми-

нимальных удельных расходов топлива g_e^{\min} . Однако тепловая нагруженность таких моторов существенно выше по сравнению с обычным дизелем.

Регулировка цикловой подачи g_m в секционном ТНВД осуществляется с помощью зубчатой рейки или поводковой штанги, которая производит осевой поворот каждого плунжера насоса и этим изменяет активный ход плунжера, что определяет начало перепуска топлива в бак.

Упрощённая схема механического всережимного регулятора цикловой подачи топлива приведена на рисунке 6.2.

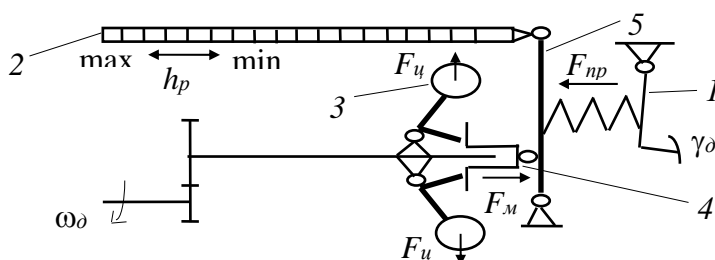


Рисунок 6.2 – Схема всережимного регулятора цикловой подачи топлива g_m

Основные элементы регулятора: вращающиеся на кулачковом или ином валу ТНВД грузы 3; муфта центробежного датчика 4; суммирующий усилия рычаг 5; пружина и рычаг (педаль) управления подачей топлива 1; зубчатая рейка 2 или поводковая штанга.

Основной задачей данной лабораторной работы является получение зависимости положения рейки ТНВД от частоты вращения вала двигателя и положения рычага управления подачей топлива: $h_p = f(n_d; \gamma_d)$. Также важной задачей является оценка доверительного интервала данной характеристики. Это связано с тем, что при любых измерениях имеют место погрешности случайные и систематические, которые зависят от исследователя, приборов и внешних факторов, например, вибрации.

Для оценки погрешности измерений (доверительного интервала) экспериментальной характеристики выполняются действия, изложенные в лабораторной работе № 1.

Методика проведения работ

1 В отчёте по данной работе отразить цель и задачи исследований, а также схему объекта исследования (всережимного регулятора ТНВД дизеля) и стенда для испытаний топливной аппаратуры дизелей.

2 По транспорту, закреплённому на ТНВД, зафиксировать и отметить в отчёте положения рычага управления подачей топлива, соответствующие минимальной γ_{\min} и максимальной γ_{\max} подачам.

3 Включить электродвигатель стенда, нажав на среднюю кнопку, и маховичком управления вариатора, вращая против часовой стрелки, установить минимальную частоту вращения. Отметить в отчёте эти показания.

4 Установить минимальное положение рычага управления подачей топли-

ва γ_{\min} и зафиксировать гайкой.

5 Измерить глубиномером штангенциркуля расстояние от торца рейки ТНВД до крышки регулятора. Отметить в отчёте эти показания.

6 Увеличивая частоту вращения вала стенда до максимальной, производить текущие измерения положения рейки ТНВД. Полученные значения частоты вращения и положения рейки заносить в отчёт.

7 Получив (сняв) таким образом, пяти-шести точек характеристики, уменьшить частоту вращения до минимальной, изменить положение рычага управления подачей топлива в направлении γ_{\max} , зафиксировав гайкой, и повторить пп. 5–7.

8 Произвести не менее трёх параллельных опыта в каждой точке снимаемой характеристики, т. е. выполнить пп. 4–7 при тех же условиях не менее трёх раз.

9 Построить характеристики положения рейки ТНВД от частоты вращения вала двигателя и положения рычага управления подачей топлива:

$$h_p = f(n_d; \gamma_{d.om}),$$

где $\gamma_{d.om}$ – относительное текущее положение рычага подачи топлива,

$$\gamma_{d.om} = \frac{\gamma_d - \gamma_{\min}}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}}.$$

10 Определить доверительные интервалы и нанести их на характеристики.

Меры безопасности.

1 Во избежание порчи стенда КИ-921, запрещается на ходу включать реверс, а также кнопку включения дополнительного насоса (рядом с маховичком управления вариатора).

2 Не прикасаться к вращающейся муфте стенда.

Контрольные вопросы

1 Структура стенда для испытаний ТНВД.

2 Что показывает доверительный интервал?

3 Скоростные характеристики дизелей.

4 Методика снятия характеристик ТНВД.

5 Структура и принцип работы механического регулятора цикловой подачи топлива дизеля.



7 Лабораторная работа № 7. Определение характеристик амортизатора и рессоры подвески машины

Цель работы: изучение методик стендовых испытаний упругих и диссипативных элементов подвески.

Задачи:

- 1) изучение данных методических рекомендаций;
- 2) изучение конструкций и характеристик стендов для испытаний амортизаторов и рессор;
- 3) получение практических навыков в управлении стендами по испытанию амортизаторов и рессор;
- 4) определение характеристик амортизатора и рессоры.

Оборудование, инструменты, материалы:

- 1) стенд для испытаний амортизаторов с секундомером;
- 2) стенд для испытаний рессор с насосом и манометром;

Основные положения

Многие показатели любой самоходной машины (производительность, экономичность, надёжность, долговечность и др.) зависят от плавности хода, которая во многом определяется характеристиками подвески.

Подвеска машины – это совокупность устройств, обеспечивающих связь движителя (колёсного или гусеничного) с несущей системой (рамой или кузовом).

Назначение подвески – уменьшать вертикальные динамические нагрузки. Все остальные силы (продольные и поперечные) передаются через детали подвески либо напрямую, либо с незначительным изменением.

Основной характеристикой упругого элемента является его коэффициент жёсткости, который по закону Гука определяется как отношение приращения силового фактора, действующего на упругий элемент (силы или момента), к приращению деформации (линейной или угловой).

Для рессоры, т. е. упругой балки, работающей на изгиб, коэффициент жёсткости оценивается по зависимости:

$$c = dF / df,$$

где dF – приращение силы, изгибающей рессору;

df – приращение деформации рессоры.

Если коэффициент жёсткости упругого элемента не зависит от деформации, то такой упругий элемент называют «Линейным». В противном случае упругий элемент называют «Нелинейным» или «Прогрессивным».

Для определения коэффициента жёсткости рессоры используют стенд, схема которого изображена на рисунке 7.1.



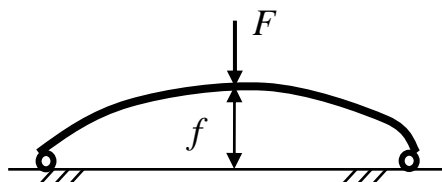


Рисунок 7.1 – Схема стана для испытания рессор

Сила сопротивления гидравлического амортизатора (диссипативная сила) определяется зависимостью:

$$F_{ам} = k_{ам} v_{ам}^n,$$

где $k_{ам}$ – коэффициент сопротивления амортизатора;

$v_{ам}$ – скорость перемещения штока амортизатора относительно его корпуса;

n – показатель степени, зависящий от $v_{ам}$ – размеров дросселей и вязкости рабочей жидкости (обычно принимают $n = 1$).

Схема стана для испытаний амортизаторов приведена на рисунке 7.2.

Методика проведения работ

1 В отчёте по данной работе отразить цель и задачи исследований, а также схемы испытательных стенов.

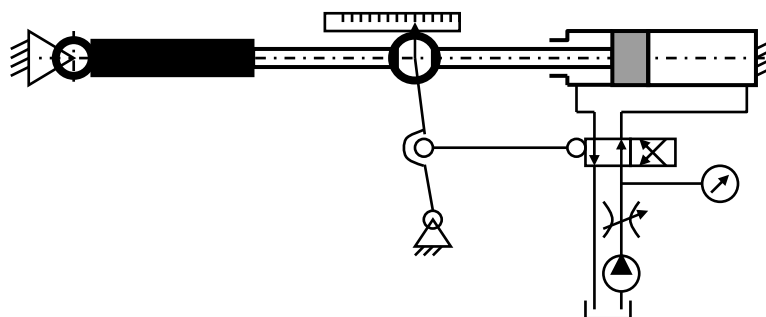


Рисунок 7.2 – Схема стана для испытаний амортизаторов

2 Подключить насос с манометром к штуцеру гидроцилиндра стана для испытания рессор.

3 Измерить расстояние от коренного листа рессоры до рамы стана, а также диаметр поршня гидроцилиндра стана. Отметить в отчёте эти показания.

4 Последовательно, создавая насосом определённый уровень давления (не менее трёх опытов, т. е. $n \geq 3$), измерять деформации рессоры и отметить в отчёте эти показания.

5 Вычислить коэффициенты жёсткости рессоры и построить график зависимости приращения силы к приращению деформации.

6 Оценить доверительный интервал полученной характеристики по методике, описанной в лабораторной работе № 1.

7 Измерить диаметр штока и поршня исполнительного гидроцилиндра стенда для испытания амортизаторов. Отметить в отчёте эти показания.

8 Включить стенд для испытания амортизаторов, для чего вставить вилку стенда в розетку 380 В, открыть крышку автомата отключения и включить его (вверх), нажать зелёную кнопку «Пуск».

9 С помощью регулятора расхода рабочей жидкости последовательно задать не менее четырёх скоростных режимов работы стенда, определяя секундомером длительности перемещений (по линейке) штока при сжатии и отбое амортизатора отдельно, а с помощью манометра фиксировать максимальные давления при сжатии и отбое. Отметить в отчёте эти показания.

10 Вычислить скорости и силы сопротивлений испытываемого амортизатора при ходах сжатия и отбоя для каждого скоростного режима. Построить в отчёте характеристику испытываемого амортизатора и определить доверительный интервал этой характеристики.

Меры безопасности.

Переключение режимов работы стенда для испытаний амортизаторов (сжатие/отбой) производить резким движением, т. е. не задерживая рычаг в среднем положении.

Контрольные вопросы

- 1 Структура стенда для испытания рессор.
- 2 Структура стенда для испытания амортизаторов.
- 3 Методика оценки доверительного интервала при многократных измерениях.
- 4 Методика оценки доверительного интервала при однократных измерениях.

8 Лабораторная работа № 8. Оценка КПД дифференциала

Цель работы: изучение методики испытаний трансмиссии по определению коэффициента полезного действия межколёсного дифференциала.

Задачи:

- 1) изучение данных методических рекомендаций;
- 2) изучение структуры и характеристики стенда для испытаний моторно-трансмиссионных установок самоходных машин на примере моторно-динамического стенда № 2;
- 3) получение практических навыков в управлении моторно-динамическим стендом № 2;
- 4) оценка КПД межколёсного дифференциала.



Оборудование, инструменты, материалы:

- 1) моторно-динамический стенд № 2 с бензиновым двигателем, механической трансмиссией и двумя электропорошковыми тормозами ПТ-6 с блоками питания В-24;
- 2) тахометр часового типа ТЧ-10.

Основные положения

Для испытаний узлов трансмиссий применяют как прямоточные тормозные стенды, так и стенды с замкнутыми силовыми контурами.

В первом случае между двигателем (ДВС или электромотором) и тормозом-нагружателем устанавливается исследуемый механизм – сцепление, коробка передач, раздаточная коробка, ведущий мост. Такие стенды применяют, как правило, для краткосрочных испытаний. Требуемый режим испытаний задаётся с помощью скоростного режима двигателя и нагрузочного режима тормоза-нагружателя.

Схема стенда для определения КПД и коэффициента блокировки межколёсного дифференциала отражена на рисунке 8.1.

Используя схему рисунка 8.1, КПД дифференциала можно оценить по зависимости:

$$\eta_{диф} = \frac{M_n \omega_n + M_l \omega_l}{M_{кп} \omega_{кп}},$$

где M_l, M_n – крутящие моменты на левой и правой полуоси;

ω_l, ω_n – угловые скорости левой и правой полуоси;

$M_{кп}, \omega_{кп}$ – момент и угловая скорость ведомого вала коробки передач.

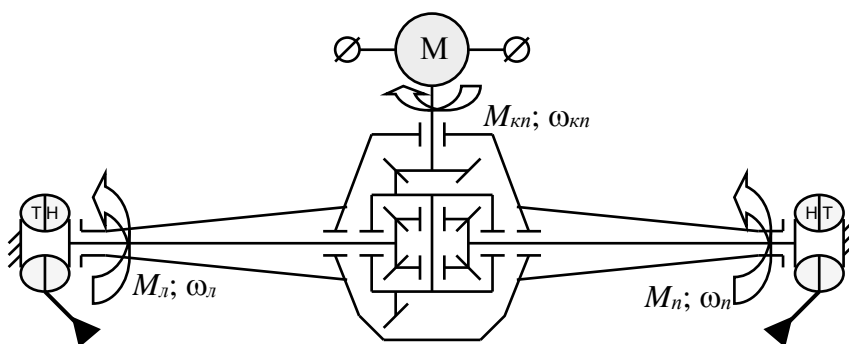


Рисунок 8.1 – Схема стенда по определению КПД дифференциала

Для длительных испытаний узлов трансмиссий, например, на долговечность, применяют, как правило, стенды с замкнутыми силовыми контурами. В таком стенде нагрузка на испытываемый механизм создается с помощью упругих сил валов, закручиваемых специальными нагружателями.

Важной особенностью моторно-динамического стенда № 2 является наличие двух тормозов-нагрузателей, присоединённых к приводным валам трансмиссии. Поэтому, задавая на них с помощью блоков питания В-24 разные тормозные моменты, можно моделировать на стенде движение машины на повороте с различной кривизной.

Для измерения нагрузочных крутящих моментов на изучаемом стенде применён метод оценки реактивных моментов тормозов-нагрузателей (см. лабораторную работу № 3).

Для измерения частот вращения приводных валов на моторно-динамическом стенде № 2 используется тахометр часового типа, коническая насадка которого при измерении прижимается к центрному отверстию вала тормоза.

Методика проведения работ

1 В отчёте по данной работе отразить цель и задачи исследований, структурную схему тормозного стенда для снятия характеристик двигателя с принудительным воспламенением и впрыском бензина.

2 Запустить двигатель моторно-динамического стенда № 2. Для этого:

- а) проверить уровни масла в моторе и трансмиссии, а также уровень охлаждающей жидкости в расширительном бачке (при необходимости долить);
- б) включить вилку пускового устройства в розетку 220 В;
- в) рычаг управления подачей топлива установить в среднее положение;
- г) повернуть ключ в замке зажигания на пульте управления по часовой стрелке и удерживать в положении «Стартер» до начала работы мотора.

3 Прогреть 2 мин двигатель на режиме холостого хода 1000 об/мин.

4 Вывести стенд на заданный преподавателем режим. Для этого:

- а) нажать до упора педаль управления сцеплением;
- б) включить первую передачу путём наклона рычага переключения передач к себе, а затем вперёд до упора;
- в) плавно отпустить педаль сцепления;
- г) увеличить частоту вращения до 2000 об/мин и отметить в отчёте положение стрелки рычага подачи топлива γ_0 .

5 Нагрузить стенд, включив блоки питания В-24 порошковых тормозов-нагрузателей и повернуть их маховички по часовой стрелке на различные углы, отметив в отчёте показания индикаторов часового типа на тормозах-нагрузателях, т. е. нагрузочные моменты.

6 С помощью тахометра часового типа ТЧ-10 измерить частоты вращения валов порошковых тормозов-нагрузателей и отметить в отчёте их значения.

7 Разгрузить тормоза-нагрузатели, переключиться на нейтральную передачу.

8 Выполнить не менее трёх параллельных опыта, т. е. повторить пп. 4–7 не менее трёх раз.

9 Заглушить двигатель, выключить пусковое устройство.

10 По полученным данным оценить КПД дифференциала и определить доверительные интервалы полученных зависимостей (см. лабораторную работу № 1).



Угловую скорость ведомого вала коробки передач определять по показаниям штатного тахометра с учётом передаточного числа передачи, на которой производились испытания.

Крутящий момент на выходном валу коробки передач определять по зависимости

$$M_{\partial} = 100 \gamma_{\partial.om} / n_{\partial.om},$$

где $\gamma_{\partial.om}$ – относительное текущее положение рычага подачи топлива, определя-

емое по зависимости $\gamma_{\partial.om} = \frac{\gamma_{\partial} - 8^{\circ}}{53^{\circ} - 8^{\circ}}$;

$n_{\partial.om}$ – относительная частота вращения вала двигателя, $n_{\partial.om} = \frac{n_{\partial} - 800}{5000}$.

Меры безопасности.

- 1 Испытательные работы проводить при достаточной вентиляции лаборатории.
- 2 При работе стенда запрещается находиться вблизи вращающихся деталей.
- 3 Не прикасаться к проводам высокого напряжения системы зажигания и пускового устройства стенда.

Контрольные вопросы

- 1 Структура стенда для оценки КПД дифференциала.
- 2 Суть метода оценки нагрузочного момента с помощью реактивного.
- 3 Методика испытаний по оценке КПД дифференциала.
- 4 Конструкция дифференциала повышенного трения.

9 Лабораторная работа № 9. Снятие индикаторной диаграммы ДВС

Цель работы: изучение методики снятия индикаторной диаграммы двигателя внутреннего сгорания.

Задачи:

- 1) изучение данных методических рекомендаций;
- 2) изучение структуры и характеристики стенда для снятия индикаторной диаграммы ДВС на примере моторно-динамического стенда № 3;
- 3) получение практических навыков в управлении моторно-динамическим стендом № 3;
- 4) получение практических навыков в управлении электроннолучевым осциллографом;
- 5) снятие индикаторной диаграммы двигателя.



Оборудование, инструменты, материалы:

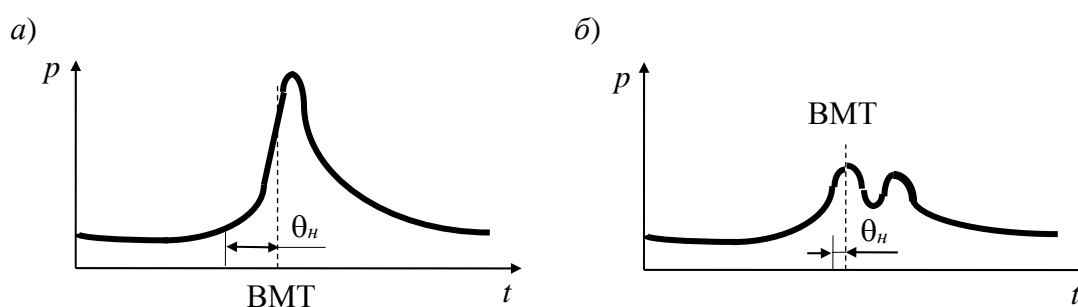
- 1) моторно-динамический стенд № 3, состоящий из бензинового двухтактного пускового двигателя ПД-10У с приводом, а также пьезоэлектрического датчика давления с термокомпенсирующей трубкой и датчика положения поршня;
- 2) электроннолучевой осциллограф.

Основные положения

При испытаниях двигателей внутреннего сгорания (ДВС) определяют не только внешние характеристики (крутящий момент на маховике, частоту вращения вала, мощность, часовой расход топлива и др.) на определённом режиме работы, но и внутренние характеристики, к которым относится индикаторная диаграмма, т. е. зависимость давления газов в цилиндре от угла поворота коленчатого вала.

Процесс горения топлива в ДВС является основным, который определяет все характеристики мотора. Данный процесс существенно зависит от угла опережения зажигания θ_n , отсчитываемого по углу поворота коленчатого вала (ПКВ) от момента появления искры между электродами свечи зажигания до положения поршня в верхней мёртвой точке (ВМТ). Угол опережения зажигания зависит от периода индукции воспламенения топлива τ_i (длительности предпламенных процессов) и определяется скоростным и нагрузочным режимами работы двигателя, параметрами мотора (степенью сжатия, конфигурацией камеры сгорания, степенями наддува и турбулизации), а также качеством топливоздушного смеси (коэффициентом избытка воздуха) и качеством топлива (октановым числом).

На рисунке 9.1 отражены осциллограммы изменения давления в цилиндре ДВС при различных углах опережения зажигания θ_n .



а – нормальный θ_n ; б – поздний θ_n

Рисунок 9.1 – Осциллограммы давлений в цилиндре ДВС

На рисунке 9.1 видно, что при позднем воспламенении основное горение идёт на такте расширения, т. е. после ВМТ. Это приводит к существенному ухудшению мощностных, экономических и экологических показателей двигателя. Однако при слишком раннем воспламенении имеет место чрезмерная скорость увеличения давления dp/dt до ВМТ, что влечёт очень жёсткую работу мо-



тора и, как следствие, повышенные шумность и динамические нагрузки как в механизмах самого двигателя, так и в трансмиссии самоходной машины.

Для снятия (регистрации) индикаторной диаграммы ДВС применяют тормозной стенд, состоящий из рамы с кронштейнами для крепления испытываемого мотора, тормоза-нагрузателя и двух измерительных цепей, одна из которых имеет датчик давления в камере сгорания двигателя, а вторая датчик положения поршня в верхней мёртвой точке (ВМТ) или датчик угла поворота коленчатого вала. Для предохранения датчика давления от высоких температур горючих газов предусматривается термокомпенсирующая трубка.

Требуемый режим испытаний задаётся с помощью рычага подачи топлива ДВС и рычага управления тормозом-нагрузателем, функции которого выполняет фрикцион привода пускового двигателя, ведомый вал которого жёстко соединён с рамой стенда.

Методика проведения работ

1 В отчёте по данной работе отразить цель и задачи исследований, структурную схему тормозного стенда для снятия индикаторной диаграммы двигателя.

2 Запустить двигатель моторно-динамического стенда № 3. Для этого:

- а) проверить уровень охлаждающей жидкости в расширительном бачке системы охлаждения (при необходимости долить);
- б) открыть нижний краник топливного бака;
- в) нажать на кнопку подачи топлива на карбюраторе до появления бензо-масляной смеси;
- г) закрыть воздушную заслонку карбюратора;
- д) включить пусковое устройство и нажать до упора на рычаг стартера пускового двигателя стенда или намотать пусковой шнур на маховик пускового двигателя и резким движением дёрнуть за свободный конец шнура.

3 Прогреть 1 мин двигатель на режиме холостого хода 1000 об/мин.

4 Включить электроннолучевой осциллограф.

5 Вывести стенд на заданный преподавателем режим. Для этого:

- а) нажать на рычаг управления подачей топлива;
- б) повернуть рычаг управления фрикционом.
- в) отметить в отчёте положение стрелки рычага подачи топлива γ_0 .

6 Подобрать на осциллографе режим отображения таким, чтобы изображение было во весь экран и неподвижно. Зарисовать его в отчёте с отметкой ВМТ.

7 Выключить двигатель путём нажатия на кнопку глушения на магнето. Закрыть краник топливного бака. Разгрузить фрикцион. Выключить осциллограф.

Меры безопасности.

1 Испытательные работы проводить при достаточной вентиляции лаборатории.

2 При работе стенда запрещается находиться вблизи вращающихся деталей.



Контрольные вопросы

- 1 Структура стенда для снятия индикаторной диаграммы ДВС.
- 2 Структуры измерительных цепей моторно-динамического стенда № 3.
- 3 Методика испытаний ДВС по снятию индикаторной диаграммы.

Список литературы

- 1 **Кушвид, Р. П.** Испытания автомобилей: учебник / Р. П. Кушвид. – Москва: МГИУ, 2011. – 380 с.
- 2 **Цимбалин, В. Б.** Испытания автомобилей / В. Б. Цимбалин – Москва: Машиностроение, 1978. – 199 с.
- 3 Автомобили. Испытания / Под ред. А. И. Гришкевича, М. С. Высоцкого. – Минск: Вышэйшая школа, 1991. – 187 с.
- 4 **Белов, С. М.** Тракторы. Испытания / С. М. Белов, А. С. Солонский; под ред. В. В. Гуськова. – Минск: Вышэйшая школа, 1986. – 182 с.

