

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра транспортно-технологических
процессов и машин**

ТРАНСПОРТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов бакалавриата направления 23.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020**

УДК 653.13(073)

ТРАНСПОРТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *В.Н. Федотов, Р.Н. Сафиуллин*. СПб, 2020. 12 с.

Методические указания к лабораторным работам разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины. Предложены темы лабораторных работ, общие положения и методические указания по их выполнению. Приведен библиографический список.

Дисциплина направлена на приобретение теоретических знаний и развития практически навыков по методике постановки и проведения научно-производственных исследований в области эксплуатации автомобильного транспорта.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» по профилю «Автомобили и автомобильное хозяйство».

Научный редактор проф. *А.С. Афанасьев*

Рецензент канд. техн. наук *В.А. Третьяк* (Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТОВ

1.1. По всем лабораторным работам оформляются отчеты.

Отчет

должен содержать:

название и цель лабораторной работы;

краткое содержание работы (перечень рассмотренных вопросов);

требуемые для данной работы схемы, графики или рисунки с поясняющим текстом (перечни необходимых графических материалов приведены в требованиях к отчету каждой лабораторной работы).

1.2. Все отчеты выполняются на ф. А4, согласно требованиям к текстовым материалам технических документов.

1.4. При выполнении схем, графиков и рисунков необходимо руководствоваться следующими требованиями:

схемы надлежит выполнять аккуратно с применением чертежных инструментов, либо стандартных программ Microsoft Office или специальных электронных программ для графических работ;

схемы должны быть снабжены наименованиями элементов.

1.5. Отчет проводится в виде контрольного опроса или краткого семинара по теме лабораторной работы, наличие письменного отчета у студента (см. п.2) является обязательным.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1 ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА

Цель работы: Изучить методы измерения расхода топлива
Общие положения

Большинство методов измерения количества топлива сводится к изменению его уровня. Количество топлива θ (в единицах объема) и его уровень h связаны между собой функциональной зависимостью, определяемой формой топливного бака. Например, для цилиндрического бака диаметром $2r$ и длиной l с горизонтальной осью цилиндра объем топлива

$$\theta = \{r^2 \arccos (r - h)/r - (r - h)^{1/2} [h (2r - h)]\} l$$

Методические указания

Рассмотреть конструкции механических топливомеров (рис. 1.1) и методы измерения количества топлива: весовой гидростатический, поплавковый, акустический, емкостный, индуктивный, резисторный, радиоволновой, радиоизотопный.

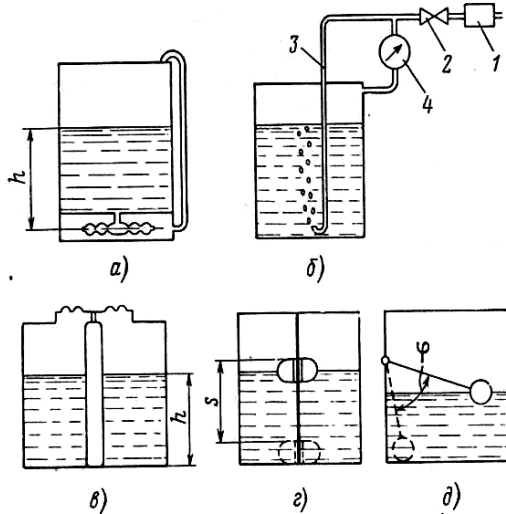


Рис. 1.1. Схемы механических топливомеров: а – манометрического; б – барботажного; в – буйкового; г и д – поплавкового; 1 – насос; 2 – дроссель; 3 – трубка; 4 – манометр

Отчет: должен содержать схемы механических топливомеров и описание методов измерения топлива основных размеров двигателя. Защита отчета индивидуальная.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Цель работы: Освоить методику определения мощностных и экологических показателей

Общие положения

Из эксплуатационных факторов, влияющих на развиваемую двигателем мощность, кроме нагрузочного и скоростного режимов работы и состава смеси, необходимо отметить условия технической эксплуатации и технического обслуживания, а также климатические условия работы двигателя. Так, своевременная очистка впускного тракта от засорения или смена фильтрующего элемента способствует поддержанию на уровне проектных значений коэффициента наполнения двигателя.

При увеличении пробега автомобиля с начала эксплуатации обычно растет и содержание токсичных веществ в ОГ по следующим основным причинам: изменение технического состояния карбюратора! (засорение или износ главного и вспомогательного жиклеров; нарушение уровня топлива в поплавковой камере; изменение регулировки карбюратора); неисправности в системе зажигания, вызывающие изменение установки зажигания и ослабление мощности искры (подгорание контакторов прерывателя и электродов свечей, нарушение изоляции проводов, замыкание обмоток катушки высокого напряжения и др.); износ клапанов, втулок в газораспределительном механизме; износ цилиндропоршневой группы и отложение нагара в цилиндрах двигателя.

Методические указания

Рассмотреть:

1. *Мощностные показатели:* влияние различных факторов и способы повышения индикаторной, эффективной, литровой мощности.

2. *Экологические показатели*: влияние состава смеси, нагрузки скоростного и температурного режимов, технического состояния.

Отчет: должен содержать результаты анализа влияния различных факторов на мощностные и экологические показатели ДВС, выводы. Защита отчета индивидуальная

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАГРУЗОК НА ДЕТАЛИ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ

Цель работы: изучить методы экспериментальных нагрузок на детали силовых агрегатов.

Общие положения

Испытания двигателя представляют собой проверку в действии, в работе качеств, свойств двигателя, а также его пригодность. В зависимости от назначения различают испытания: исследовательские; доводочные; приемочные (государственные); контрольные; приемо-сдаточные и эксплуатационные. Сообразно с характером испытаний их разделяют на две большие группы: *исследовательские и типовые* (ГОСТ 14846-81).

К *типовым* относят испытания, регламентируемые ГОСТами на испытания двигателей, условия испытаний постоянны и, как правило, не меняются. Типовыми являются скоростные, нагрузочные и регулировочные испытания. В процессе типовых испытаний проводится следующий перечень видов оценок:

1. Техническая экспертиза.
2. Оценка рабочих показателей двигателя.
3. Энергетическая оценка (оценка электропривода).
4. Оценка безопасности и эргономичности изделия.
5. Эксплуатационно-технологическая оценка.
6. Оценка надежности.
7. Экономическая оценка.

Исследовательские испытания регламентируются только по нормам безопасности и по метрологическим нормам измерений. Всю остальную программу испытаний ученые разрабатывают лично, в соответствии с целью испытаний. Цели разнообразны, например, нам необходимо узнать, через какое время и при каких условиях

двигатель окончательно выйдет из строя. Если необходимо, условия испытаний изменяют в нужных пределах и корректируют в процессе выполнения программы. Обязательно уточняют комплектность испытуемого двигателя, поскольку на привод его вспомогательных агрегатов затрачивается часть мощности. Стендовые испытания в большинстве случаев проводят со снятыми лопастями вентилятора, отключенным компрессором и т. д.

Методические указания: измерение сил

Механические динамометры находят самое широкое применение при измерении крутящего момента двигателя. Выполняют их в виде рычажных систем с маятниковыми, реже с пружинными весами. Ранее для этих целей в основном служили многорычажные весы десятичного типа, рис. 3.1. И теперь они находят еще применение при испытании мощных тихоходных стационарных двигателей.

Поскольку такие весы не реверсивны, то в промежуточном звене динамометра предусматривают специальное реверсное устройство, работающее следующим образом. Когда сила P , приложенная к рычагу тормоза, направлена вверх, то, действуя на тягу 8, через рычаг 7 она передается на тягу 6, перемещая ее вниз, а через рычаг 5 и тягу 4 нагружает коромысло 2 весов. При направлении вниз сила P , минуя реверсное устройство, непосредственно действует на тягу 6 в том же направлении, нагружая, следовательно, коромысло весов независимо от направления вращения ротора тормоза. Груз обеспечивает уравнивание коромысла весов при положении гири на нулевом делении ее шкалы, а уравнивание силы и определения ее значения достигают путем перемещения гири по коромыслу.

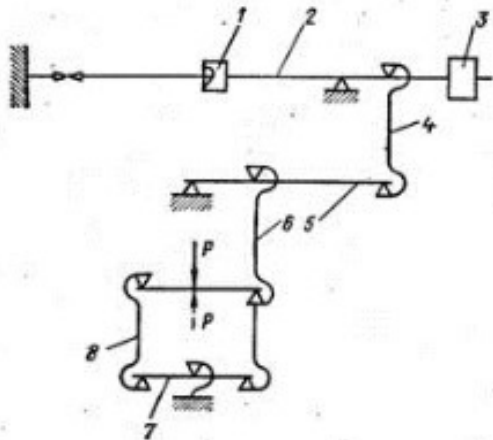


Рис. 3.1. Схема рычажного устройства измерения сил, действующих на детали ДВС

Маятниковые динамометры отличаются компактностью, наглядностью, простотой в эксплуатации и позволяют автоматически, не перемещая гирию-груз, уравновешивать действующую силу P , рис. 3.2. Маятниковые весы не искажают показаний под влиянием остаточных деформаций, как, например, пружинные, и, будучи реверсивными позволяют измерять нагрузку при любом направлении вращения ротора тормоза. Обладая свойствами поглощать незначительные колебания, маятник не затрудняет отсчета при случайных колебаниях нагрузки, что присуще рычажным весам. Но так же, как и для других аналогичных приборов, для них важно уменьшение трения в сочленениях и уравновешивание собственного веса тяг маятника.

Принцип действия маятникового весового устройства следующий. На рычаге длиной l подвешен груз Q , который вместе с сектором радиуса r может поворачиваться около оси O . К сектору, выполненному в форме квадранта, т. е. сектора с углом 90° , посредством ленточной тяги прикладывается измеряемая сила P . Очевидно система придет в равновесие, когда момент от силы P будет равен моменты от силы Q относительно точки

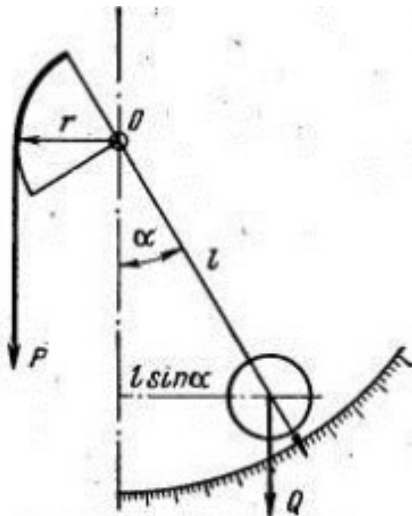


Рис. 3.2. Схема маятникового устройства измерения сил, действующих на детали ДВС

Отчет: должен содержать описание назначения типовых и исследовательских испытаний, устройства для измерения сил, возможности и состав испытательного стенда, выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4 ИССЛЕДОВАНИЯ САМОУРАВНОВЕШЕННОСТИ ПОРШНЕВЫХ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ С КШМ

Цель работы: изучить условия уравновешенности поршневых двигателей, рассмотреть пример уравновешивания одноцилиндрового ДВС

Силы и моменты, действующие в КШМ, непрерывно изменяются и, если они не уравновешены, проявляются вибрациями.

Вибрации двигателя вызывают нежелательные явления:

- снижается мощность двигателя и возрастает (до 5 %) удельный эффективный расход топлива; это происходит в связи с затратами энергии на возбуждение вибраций;
- возникает перегрузка деталей двигателя, что может привести к их усталостному разрушению;

- возрастает интенсивность изнашивания пар трения;
- понижается надежность крепления двигателя, что может привести к потере соосности коленчатого вала двигателя с валом потребителя мощности;
- снижается надежность работы приборов и оборудования, обслуживающих транспортное средство;
- повышается утомляемость обслуживающего персонала.

Для предотвращения названных последствий одним из основных требований, предъявляемых к двигателям, является их полная (по возможности) динамическая уравновешенность.

Условия уравновешенности двигателя с любым числом цилиндров (при соблюдении равенства масс движущихся частей и идентичности протекания рабочего процесса во всех цилиндрах, а также обеспечении статической и динамической уравновешенности коленчатого вала) принято записывать в следующем виде:

а) результирующие силы инерции первого порядка и их моменты равны нулю: $\Sigma P_{jI} = 0$ и $\Sigma M_{jI} = 0$;

б) результирующие силы инерции второго порядка и их моменты равны нулю: $\Sigma P_{jII} = 0$ и $\Sigma M_{jII} = 0$;

в) результирующие центробежные силы инерции и их моменты равны нулю: $\Sigma K_R = 0$ и $\Sigma M_R = 0$.

Решение вопроса уравновешивания двигателей сводится к уравновешиванию лишь наиболее значительных сил и их моментов.

Методические указания

Уравновешивание двигателя рассмотреть на примере одноцилиндрового двигателя. В одноцилиндровом двигателе неуравновешенными силами являются P_{jI} , P_{jII} и K_R . Неуравновешенных моментов нет, т. е. $M_{jI} = 0$; $M_{jII} = 0$ и $M_R = 0$.

Для уравновешивания центробежной силы инерции вращающихся масс K_R (рис.4.1) на продолжении шек устанавливают два одинаковых противовеса, центры тяжести которых расположены на расстоянии ρ от оси коленчатого вала.

Полное уравновешивание силы K_R достигается при условии $2m_{np}\rho\omega^2 = m_R R\omega^2$ за счет подбора m_{np} и ρ .

Силы инерции первого P_{jI} и второго P_{jII} порядков не могут полностью уравновешиваться противовесами на продолжении шек

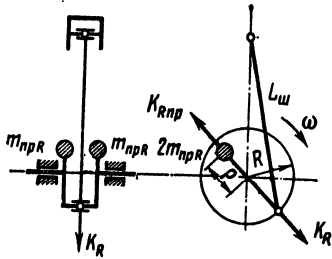


Рис.4. 1. Схема уравнивания центробежных сил

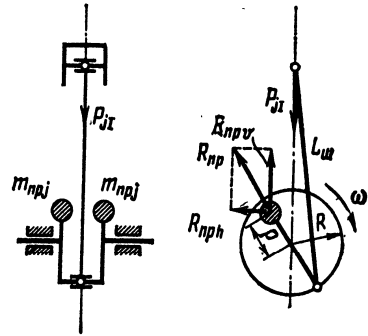


Рис.4. 2. Схема переноса $P_{jл}$ в плоскостях

коленчатого вала. С помощью таких противовесов возможен только частичный перенос сил инерции P_j , из вертикальной в горизонтальную плоскость. Обычно таким способом уравнивается $0,5P_{jл}$ (рис.4.2).

Масса противовесов (кг)

$$2m_{прj} = 0,5m_j R / \rho, (1)$$

Таким образом, общая масса каждого противовеса в одноцилиндровом двигателе будет

$$m_{пр} = m_{прR} + m_{прj} = 0,5\rho R(m_R + 0,5m_j), (2)$$

Для полного уравнивания сил инерции первого порядка $P_{jл}$ необходимо установить два противовеса на двух дополнительных валах с центрами $O_{прjл}$ и $O'_{прjл}$, расположенных параллельно оси коленчатого вала и симметрично относительно оси цилиндров.

Привод этих валов, осуществляемый от коленчатого вала, должен обеспечить их вращение в разные стороны с угловой частотой, равной угловой частоте вращения коленчатого вала. Противовесы расположены на этих валах так, чтобы они при вращении всегда составляли с осью цилиндра угол ϕ , равный углу поворота колена вала.

Отчет: должен содержать условия уравниваемости двигателя и пример уравнивания одноцилиндрового двигателя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

основной:

1. Кулаков А. Т. Особенности конструкции, эксплуатации, обслуживания и ремонта силовых агрегатов грузовых автомобилей [Электронный учебник]: учебное пособие / Кулаков А. Т.. - Инфра-Инженерия, 2012. - 448 с. - Режим доступа: <http://iprbookshop.ru/15704>

2. Федотов, В. Н. Силовые агрегаты: учебное пособие / сост. В. Н. Федотов, Н.В. Чудакова: Национальный минерально-сырьевой университет

дополнительный:

1. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.1. Теория рабочих процессов: Учебник для вузов/В. Н. Луканин, К. А. Морозов, А. С. Хачиян и др.; Под ред. В. Н. Луканина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2005. - 479 с.: с ил.

2. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.2. Динамика и конструирование: Учебник для вузов/В. Н. Луканин, И. В. Алексеев, М. Г. Шатров и др.; Под ред. В. Н. Луканина и М. Г. Шатрова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2005. - 400 с.

3. Зотов, Л.Л. Автомобильные двигатели: рабочие процессы: учеб. пособие//Л.Л. Зотов.- СПб.: Изд-во СЗТУ, 2006.

4. Синельников А.Ф. Краткий автомобильный справочник. М.: Книжное издательство «За рулем», 2012. – 152 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа 1. Измерение расхода топлива	4
Лабораторная работа 2. Определение мощностных и экологических показателей.....	5
Лабораторная работа 3. Экспериментальная оценка нагрузок на детали силовых агрегатов.....	6
Лабораторная работа 4. Исследования самоуравновешенности поршневых силовых агрегатов с КШМ.....	9
Библиографический список.....	12

ТРАНСПОРТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов бакалавриата направления 23.03.01*

Сост. *В.Н. Федотов, Р.Н. Сафиуллин*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
транспортно-технологических процессов и машин

Ответственный за выпуск *В.Н. Федотов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 28.10.2020. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 0,7. Усл.кр.-отт. 0,7. Уч.-изд.л. 0,6. Тираж 75 экз. Заказ 770.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2