

Часть II. ИСПЫТАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Техника безопасности при проведении испытаний ДВС.
Организация лаборатории исследований и испытаний ДВС

1. Научные исследования ДВС. Отличия типовых испытаний от исследовательских испытаний ДВС .
2. Концепция интегрирования моделирования и испытаний ДВС.
3. Научный метод в исследованиях ДВС.
4. Электрические тормозные устройства
5. Испытания ДВС: типовые и исследовательские. Использование результатов испытаний.
6. Нагрузочные характеристики ДВС
7. Измерение сил: механические динамометры
8. Стендовое оборудование для испытаний ДВС
9. Состав оборудования современной лаборатории ДВС.
10. Измерения моментов на валу ДВС: динамические режимы испытаний
11. Обработка индикаторных диаграмм ДВС.
12. Условия устойчивой работы системы тормозная установка – ДВС.
13. Функциональная схема измерительного устройства: типовые звенья.
14. Погрешности измерительных устройств: статические и динамические
15. Методы определения шума и вибраций ДВС
16. Сопоставление результатов испытаний.
17. Рекуперация энергии тормозных устройств.
18. Механические тормозные устройства
19. Измерение временных интервалов при испытаниях ДВС
20. Интеллектуальные датчики в составе измерительных комплексов.
21. Индикация давления в камере сгорания ДВС.
22. Скоростные характеристики ДВС
23. Измерение давлений при испытаниях ДВС
24. Измерение сил: электронно-механические и электронные динамометры
25. Регулировочные характеристики ДВС по расходу топлива
26. Измерение моментов на валу ДВС : статические режимы.
27. Исследование процессов распыливания топлива
28. Определение индикаторных диаграмм ДВС
29. Измерение температуры при испытаниях ДВС
30. Индукторные тормозные устройства
31. Требования к лаборатории испытаний ДВС.
32. Гидравлические тормозные устройства
33. Исследования процессов смесеобразования в ДВС
34. Балансирные установки для испытаний ДВС.
35. Детонационные характеристики ДВС.
36. Условия устойчивой работы системы тормозная установка – ДВС в статическом режиме.

Техника безопасности при проведении испытаний ДВС

Требования техники безопасности предусматривают:

-мероприятия, исключающие травматизм и производственные заболевания, регулярный надзор за оборудованием, проведение инструктажа новых рабочих и соблюдение приемов работы на каждом рабочем месте;

-регламентируют обеспечение персонала защитными приспособлениями, спецодеждой и работу с ртутными приборами. Стеклообразные трубки последних должны закрываться органическим стеклом, иметь улавливающие устройства на выходе из трубок и сборники под ними (на случай аварии). Для устранения возможности выхода паров ртути в помещение поверхность ее в приборах закрывают слоем защитной жидкости (например, водой). Пролитую на пол ртуть тщательно удаляют, например, 20%-ным раствором хлорного железа.

Требования пожарной безопасности включают мероприятия, предупреждающие взрывы и пожары в лабораториях, относящихся в целом к категории пожароопасных сооружений. Трубопроводы централизованной подачи топлива рекомендуется прокладывать только с внешней стороны здания, а на вводе в помещение они должны иметь запорные вентили и надежно заземлены. Для обеспечения безопасности необходимы: периодический контроль оборудования топливных систем; организация хранения обтирочных и горючих материалов в закрытой таре, запас которых не должен превышать сменной потребности; особые меры предосторожности при выполнении сварочных работ, разрешаемых соответствующими инструкциями; постоянная готовность местных средств пожаротушения (песок, кошма, углекислые огнетушители), припасенных в нужных количествах и расположенных в доступных местах, так как в помещениях лаборатории возможность загорания особенно велика.

Организация лаборатории исследований и испытаний ДВС

Лаборатория предназначена для проведения экспериментов и научных исследований учёных и исследователей. Может быть присоединенной к ВУЗу или НИИ. Состав оборудования (установки, приборы и инструменты) весьма специфичен и зависит от направления исследований лаборатории и размеров финансирования.

Лаборатория исследований и испытаний ДВС должна отвечать техническим, санитарным требованиям, а также требованиям техники безопасности.

Современные лаборатории для испытания двигателей размещают в отдельных зданиях или в корпусах, спланированных для таких именно целей, как делают это на моторостроительных заводах. Инженерное оборудование рассчитывают и проектируют так, чтобы к каждому объекту испытаний подавались необходимые количества электрической энергии, воды, воздуха, топлива, масла, а также удалялись от них в атмосферу отработавшие газы. Такие помещения обязательно оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией, развитыми обособленными канализационными коммуникациями, устройствами для эффективного глушения шума отработавших газов двигателей, подъемными и транспортными средствами и т. д. Для размещения многих инженерных устройств и части оборудования лабораторные помещения строят с емкими техническими подвалами.

Испытательные установки проектируют с учетом особенностей конкретных типов двигателей и, как правило, располагают в обособленных друг от друга помещениях, причем каждую такую ячейку (бокс) разделяют на моторную часть, в которой

устанавливают испытуемый двигатель, и пультовую для испытателей. Последнюю выносят иногда в общий зал для наблюдений. Благодаря этому обслуживающий персонал оказывается в помещении, изолированном от моторной части бокса, и может работать в спокойных условиях, управляя двигателем на расстоянии. Визуальное наблюдение за работающим двигателем ведется через застекленный проем в звуко-непроницаемой перегородке.

Чтобы повысить эффективность гашения шума, в лабораториях стены облицовывают панелями из пористых материалов. В порах звуковые волны вызывают колебания воздуха и вследствие возникновения внутреннего трения звуковая энергия колебаний частично преобразуется в тепло. Наиболее употребительными являются волокнисто-пористые материалы (стекловолокно, минеральная шерсть, шлаковая вата, отходы капронового волокна и т. п.). Под моторные боксы типовых испытаний отводят 30-40 м² площади, высота потолков в них составляет 4—6 м, а глубина технических подвалов около 4 м.

1. Научные исследования ДВС. Отличия типовых испытаний от исследовательских испытаний ДВС

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.

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.

При определении характеристик двигателя количество точек замера должно быть не менее 6-8, если это в полной мере позволяет выявить закономерность протекания экспериментальной взаимосвязи обследуемых параметров.

2. Концепция интегрирования моделирования и испытаний ДВС

Одной из основных задач инженера ДВС является разработка и выпуск совершенных и высокоэкономичных поршневых ДВС. Для решения этой важнейшей задачи необходимы исследования рабочего процесса, прочностных и динамических параметров на этапе проектирования. В свою очередь рабочий процесс определяет конструктивные параметры двигателя, количественно отражает физическую сущность теплового двигателя - преобразование химической энергии топливовоздушной смеси в механическую работу. Основные параметры рабочего процесса, давление, температура и состав рабочего вещества в цилиндре, - исходные для дальнейших расчетов двигателя на прочность, термонапряженность, надежность. Сложность физико-химических процессов, происходящих в цилиндре поршневой машины, затрудняет построение адекватной методики термодинамического расчета рабочего процесса. Это, прежде всего, связано с недостаточной ясностью в физике механизма распространения пламени и условий теплопередачи между рабочим веществом и конструктивными элементами двигателя. Значительные трудности вызывает моделирование газодинамики впускных и выпускных органов двигателя.

Методы расчета рабочего процесса поршневого двигателя можно разделить на два больших класса — аналитические и численные. Аналитические методы анализа работы процесса в силу разного рода допущений, идеализирующих процессы, протекающие в цилиндре, не позволяют построить адекватную математическую модель двигателя и дают в основном качественные оценки его технико-экономических показателей.

Этот недостаток аналитических моделей в особой степени проявился в последнее десятилетие в связи с возросшей актуальностью проблемы загрязнения атмосферы городов токсичными выбросами двигателей автомобильного транспорта. Разработка малотоксичных рабочих процессов поршневых двигателей тесным образом связана с математическим моделированием процессов образования токсичных компонентов, что невозможно сделать, основываясь на аналитических методах. Использование численных методов моделирования, ориентированных на применение ЭВМ, значительно расширяет возможности математического моделирования, включая в модель факторы, не учитываемые ранее: реальный закон теплопередачи, диссоциация продуктов сгорания, кинетический механизм образования их отдельных компонентов и другие, имеющие достаточно обоснованное физическое толкование.

Важным преимуществом численных моделей является их гибкость и возможность постановки и решения на их основе той или иной задачи оптимизации рабочего процесса, а также возможность создания системы автоматизированного проектирования двигателя, центральным элементом которой является математическая модель его рабочего процесса.

Другими словами, численное моделирование позволяет нам определять значения параметров, которые мы не можем измерить при проведении реального эксперимента, т.к. это либо тяжело, либо дорого, либо просто невозможно (например, расход воздуха через двигатель). После испытания имитационной модели и оценке полученных результатов, проводят реальный эксперимент, который и позволяет нам сделать вывод об адекватности созданной нами модели.

3. Научный метод в исследованиях ДВС

Научный метод — совокупность основных способов получения новых знаний и методов решения задач в рамках любой науки.

Метод включает в себя способы исследования объектов, систематизацию, корректировку новых и полученных ранее знаний. Умозаключения и выводы делаются с помощью правил и принципов рассуждения на основе эмпирических (наблюдаемых и измеряемых) данных об объекте. Базой получения данных являются наблюдения и эксперименты. Для объяснения наблюдаемых фактов выдвигаются гипотезы и строятся теории, на основании которых формулируются выводы и предположения. Полученные прогнозы проверяются экспериментом или сбором новых фактов.

Важной стороной научного метода, его неотъемлемой частью для любой науки, является требование объективности, исключающее субъективное толкование результатов. Не должны приниматься на веру какие-либо утверждения, даже если они исходят от авторитетных учёных. Для обеспечения независимой проверки проводится документирование наблюдений, обеспечивается доступность для других учёных всех исходных данных, методик и результатов исследований. Это позволяет не только получить дополнительное подтверждение путём воспроизведения экспериментов, но и критически оценить степень адекватности экспериментов и результатов по отношению к проверяемой теории.

Как правило, исследовательская работа студента кафедры ДВС проходит через следующие этапы:

- 1) Выдвигается гипотеза. Как правило, гипотеза высказывается на основе ряда подтверждающих её наблюдений (примеров) и поэтому выглядит правдоподобно. Гипотезу впоследствии или доказывают, превращая её в установленный факт (теорию), или же опровергают (например, указывая контрпример), переводя в разряд ложных утверждений.
- 2) Построение теории. Теории формулируются, разрабатываются и проверяются в соответствии с научным методом.
- 3) Создание модели исследуемого объекта. Моделирование — это изучение объекта посредством моделей с переносом полученных знаний на оригинал.
- 4) Оценка адекватности модели. Применительно к ДВС осуществляется путем сравнения результатов реального эксперимента и численного. Модель не может быть частично адекватной: либо да, либо нет.
- 5) Интерпретация. Подразумевает построение выводов по полученным данным.
- 6) Реализация, т.е. практическое использование моделей и результатов моделирования.

4. Электрические тормозные устройства

Современные тормоза этого типа представляют собой электрические машины в балансирующем исполнении, вал которых соединяют с валом испытуемого двигателя.

Механическая энергия двигателя в таких тормозах преобразуется в электрическую. Но поскольку электрические машины обратимы, то в случае питания электроэнергией от внешнего источника тока они превращаются в электрический двигатель и преобразуют электрическую энергию в механическую. Благодаря этим свойствам электрические тормоза выгодно отличаются от гидравлических и других тормозных устройств.

Электрические тормоза позволяют прокручивать вал испытуемого двигателя, приводит холодную приработку его после сборки, пусках в ход без использования стартера, определять величину механических потерь в нем и т. д. При наличии определенных условий энергию электр-х тормозов целесообразно отдавать в общую электрическую сеть лаборатории и таким образом утилизировать механическую энергию испытуемых двигателей внутреннего сгорания. Для торможения двигателей используют машины как переменного, так и постоянного тока, называя их, соответственно, тормозами переменного и постоянного тока.

Тормоза переменного тока – это асинхронные или синхронные электрические машины, регулируемые с помощью реостатов в различных машинах преобразователей.

Регулирование реостатами применяют в асинхронных машинах с фазным якорем, в цепь которого включают управляемое сопротивление. Что бы обеспечить плавное регулирование применяют жидкостные реостаты. Только они слишком громоздки и неудобны в эксплуатации.

Тормоза постоянного тока базируются на машинах с независимым смешанным возбуждением и одновременно регулирование силы тока в цепи якоря. Такие тормоза отличаются плавностью и широкими пределами регулирования скоростных и нагрузочных режимов. Поэтому они находят преимущественное применение особенно для исследовательских целей.

5. Испытания ДВС: типовые и исследовательские. Использование результатов испытаний

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.

К типовым относят испытания, регламентируемые ГОСТами на испытания двигателей, условия испытаний постоянны и, как правило, не меняются. Типовыми являются скоростные, нагрузочные и регулировочные испытания.

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.

Результаты испытания используются в зависимости от того на что направлены исследования в общем.

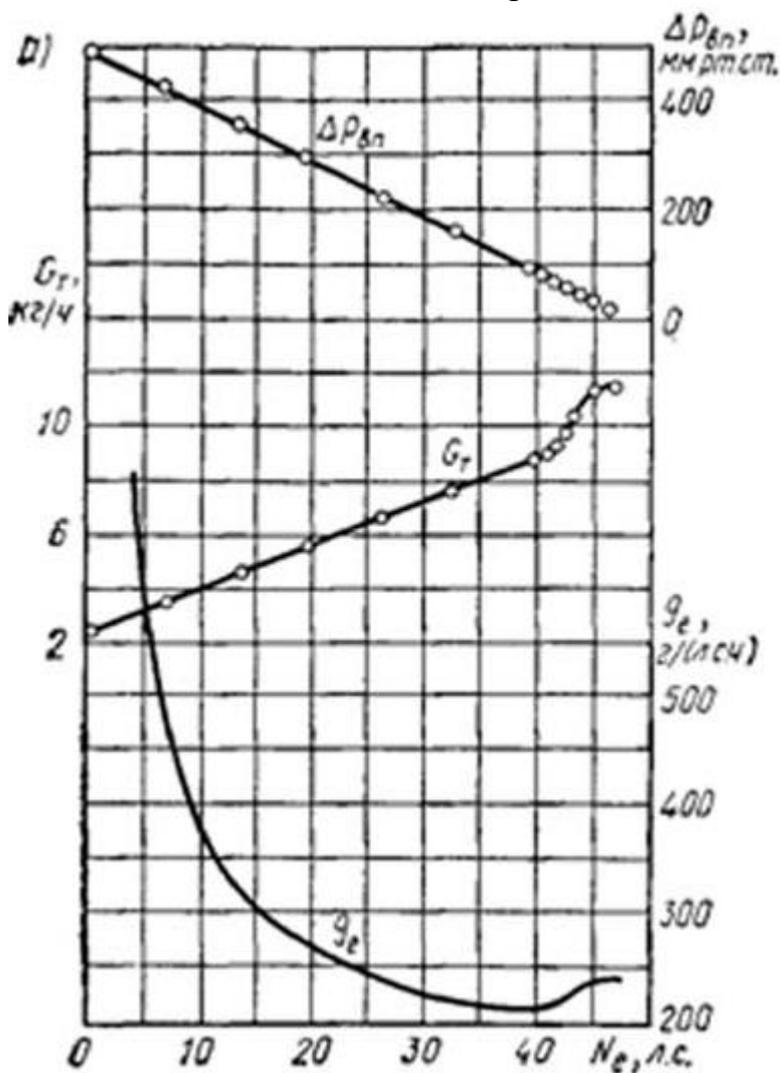
По данным типовых испытаний на определение мощностных и экономических показателей и результатам микрометража, проводимого перед началом и по окончании испытаний на надежность, определяют износ основных деталей и выявляют стабильность параметров двигателя. По окончании типовых испытаний составляют отчет, в котором отмечают: соответствие двигателя проектному заданию, современность и совершенство его конструкции, уровень технико-экономических показателей, надежность (безотказность), пусковые качества, а также возможности дальнейшего развития и улучшения конструкции.

Исследовательские испытания могут охватывать решения гораздо большего числа проблем. Результаты таких испытаний используют для уточнения методов расчета элементов, механизмов и систем двигателя или выбора для них оптимальных вариантов конструкции. При необходимости и в интересах экономии средств, уменьшения объема работ и повышения точности результатов прибегают к методам моделирования, проводят испытания на безмоторных установках, одноцилиндровых отсеках двигателей и т. д.

6. Нагрузочные характеристики ДВС

Характеристики, выявляющие закономерность изменения ряда параметров двигателя в зависимости от изменения нагрузки при заданном постоянном числе оборотов вала, называют нагрузочными.

При снятии нагрузочных характеристик двигатель прогревают до нормального теплового состояния, выводят его на заданный скоростной режим и постепенно увеличивают открытие дросселя в двигателях с внешним смесеобразованием или перемещают рейку топливного насоса в дизелях от положения, соответствующего холостому ходу на данном скоростном режиме, до полного их открытия или предельного положения, сохраняя заданный скоростной режим путем нагружения (разгружения) двигателя с помощью тормоза. В качестве независимого переменного параметра ГОСТы рекомендуют в этом случае принимать мощность, развиваемую двигателем. Однако независимыми переменными могут служить среднее эффективное давление p_e , показание динамометра тормоза P , часовой расход воздуха G_b , относительное открытие дросселя или перемещение рейки насоса (в дизелях) и другие параметры, характеризующие загрузенность двигателя. Для двигателей с искровым зажиганием удобным параметром является, например, давление во впускном трубопроводе $p_{вп}$, пропорционально которому изменяется наполнение цилиндров.



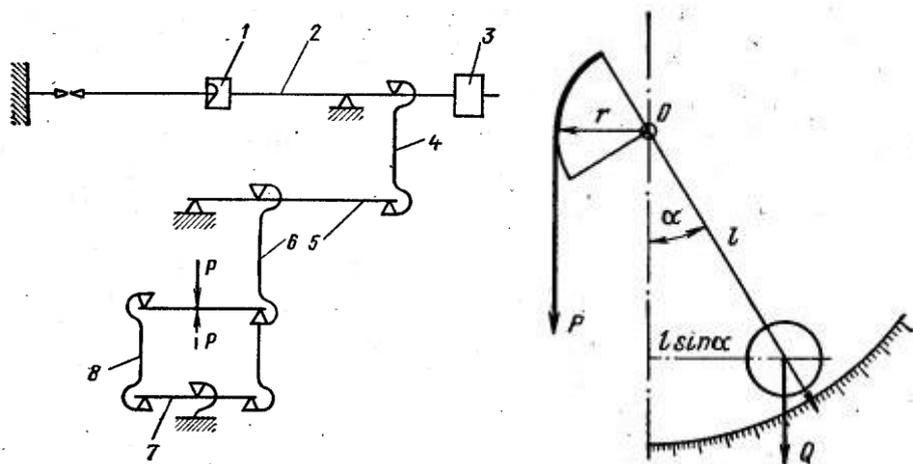
Обычно н.х. представляют собой графики часового G_T и удельного g_e расходов топлива, характеризующих изменение этих параметров по одному из указанных выше независимому переменному. При необходимости характеристику дополняют графиками разрежения $\Delta p_{вп}$, возникающего во впускном трубопроводе, коэффициента избытка воздуха α , угла опережения зажигания θ° и другими параметрами. Нагрузочные характеристики, снятые для ряда чисел оборотов вала, позволяют судить о закономерности часового расхода топлива по мере увеличения нагрузки, выявляют минимальные удельные расходы топлива.

← хар-ка карбюраторного дв-ля

7. Измерение сил: механические динамометры

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. 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.



Маятниковые динамометры отличаются компактностью, наглядностью, простотой в эксплуатации и позволяют автоматически, не перемещая гирю-груз, уравнивать действующую силу P . 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 уравнивание 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 O .

8. Стендовое оборудование для испытания ДВС

Испытания ДВС проводят с целью оценки показателей работы двигателя, анализа и сравнения полученных результатов, проверки качества проведенного ремонта. Как результат: определение эффективности конструктивных особенностей и технического состояния оборудования.

Вот некоторые возможности испытательного стенда:

- Прежде всего, это проверка качества сборки двигателя;
- Испытания дают возможность регулировать ДВС;
- Испытательный стенд позволяет провести холодную обкатку двигателя без нагрузки;
- Также проводится горячая обкатка под нагрузкой;
- Осуществляется проверка параметров двигателя посредством приемосдаточных и предъявительских испытаний.
- Возможность наблюдения за ходом процесса, предоставление информации о выходе показателей за установленные пределы, определение возможных причин неисправностей.

Состав стенда:

1. Рама стенда, на которой устанавливается испытуемый двигатель (ДВС) соединенный карданным валом с асинхронным электродвигателем и другие необходимые системы и устройства
2. Приводной асинхронный электродвигатель для запуска, вращения и торможения дизельного двигателя
3. Преобразователь частоты для управления электродвигателем
4. Датчик частоты вращения (энкодер)
5. Электронные платы для связи преобразователя частоты с датчиком вращения и компьютером
6. Рекуператор для передачи энергии торможения в промышленную сеть
7. Промышленный компьютер для регистрации сигналов датчиков, управления преобразователем частоты и асинхронным двигателем и выполнения алгоритма (методики) обкатки
8. Датчики, кабели, блоки питания датчиков и электронных плат
9. Программно-методическое обеспечение
10. Вспомогательные системы: питания ДВС воздухом, удаления отработавших газов, топливная система питания ДВС, питания и регулирования температуры масла, питания и регулирования температуры охлаждающей жидкости. Допускается изготовление вспомогательных систем непосредственно Заказчиком.

Стенд, в качестве дополнительной опции, может быть оборудован исполнительным механизмом для управления подачей топлива и датчиком крутящего момента.

9. Состав оборудования современной лаборатории ДВС

Моторный бокс оснащен кран-балкой с электрической талью, грузоподъемностью 3 Т (примерно 30 кН). Испытуемый двигатель установлен в нем на подмоторную плиту и муфтой соединен с электрической тормозной машиной постоянного тока мощностью 200 кВт, которая заблокирована с прибором (динамометром) для замера крутящего момента. В боксе размещены также масло- и водоводяной радиаторы, с помощью которых поддерживают необходимый тепловой режим испытуемого двигателя. Приемники отработавших газов соединены с выпускным трубопроводом. Последний заглублен до 3 м и с небольшим уклоном выведен в общий коллектор выпуска отработавших газов. Кроме слесарного верстака, в моторном боксе нет другого вспомогательного оборудования, а электрические агрегаты, обслуживающие тормозную машину, размещены в отдельном помещении лаборатории — умформерной, т. е. вынесены за пределы бокса.

Помимо основного стендового оборудования лаборатория также должна быть оснащена средствами защиты в чрезвычайных ситуациях, например пожаров и т.д.

10. Обработка индикаторных диаграмм ДВС

Обычную обработку индикаторных диаграмм сводят к определению давлений в цилиндре двигателя по углу поворота вала в нескольких характерных для нее узловых точках. Используя, исходные данные диаграмм, можно провести более детальный обсчет их параметров. Например, определить: площадь индикаторной диаграммы и среднее индикаторное давление, показатели политроп сжатия и расширения; жесткость работы двигателя; величины абсолютных температур; закономерность выделения тепла при сгорании топлива и т.д.

Мы можем сделать некоторые выводы о процессах, протекающих в цилиндре двигателя, даже если просто проведем визуальный осмотр индикаторной диаграммы. Например, рассматривая индикаторную диаграмму жесткости сгорания в двигателе и наблюдая на графике сильные колебания, мы можем сделать вывод, что в цилиндре происходят процессы детонации, которые влекут большие нагрузки на детали ЦПГ.

Для выполнения исключительно трудоемкой детальной обработки индикаторных диаграмм в настоящее время широко применяют быстродействующие электронные вычислительные машины, которые в несколько минут выдают результаты расчетов всех важнейших показателей рабочего цикла двигателя. На практике применяют ряд расчетных методик (НАМИ, ЦНИДИ и др.).

Согласно этим методикам, для целей обработки на ЭВМ индикаторную диаграмму задают в виде таблицы значений, выражающих в миллиметрах величины угла поворота вала и соответствующие им давления. Для этого индикаторную диаграмму с помощью светового ящика переносят на миллиметровую бумагу, добиваясь хорошего совмещения сантиметровой сетки миллиметровки с градусной шкалой диаграммы по оси абсцисс. Рекомендуется вносить в таблицу значения через каждые 2° поворота коленчатого вала (п.к.в.) и отсчет угла φ поворота вести от начала такта впуска.

Далее определяют масштабы давлений и углов поворота коленчатого вала, проводят атмосферную и нулевую линии, наносят характерные точки: В.М.Т, начало видимого горения, фазы газораспределения. Затем исходные данные также как и программу, заносят на перфокарты и вводят в машину. В результате обработки индикаторной диаграммы на ЭВМ можно получить достаточно подробные сведения о рабочем процессе испытуемого двигателя.

11. Условия устойчивой работы системы тормозная установка – ДВС

Устойчивость торможения характеризуется свойствами тормоза сохранять заданную скорость при неизменном положении регулирующих органов тормоза и двигателя и быстро восстанавливать ее в случаях кратковременных нарушений равновесия между крутящим и тормозным моментами.

Устойчивость тормозов предопределяется особенностями характеристики тормоза, которую в общем случае можно представить в виде степенной зависимости $N_e = an^m$.

Если, положим, мощность двигателя по какой-либо причине несколько возросла, то повысится и число оборотов n на определенную величину Δn , зависящую от показателя m . Очевидно, большему значению m соответствует меньшая величина Δn . Механические и индукторные тормоза имеют показатель $m = 1$, электрические — $m \approx 2$ и гидравлические — $m \approx 3$, из чего следует, что наибольшей устойчивостью обладают гидравлические тормоза.

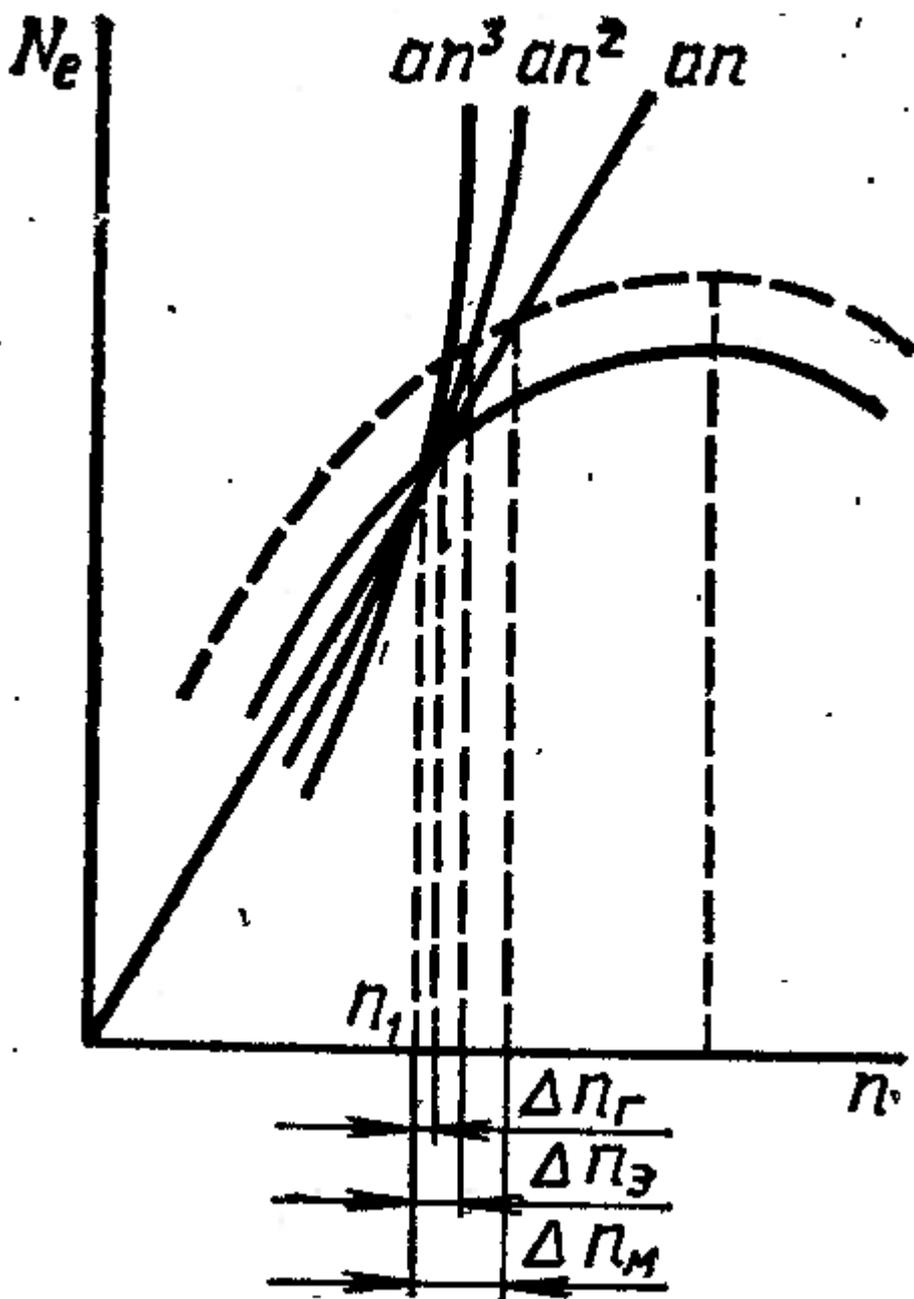
Действительно, если на график нанести характеристики указанных тормозов, принимая за исходные одну и ту же мощность при одинаковых оборотах вала, то оказывается большую величину Δn имеют механический и индукторный тормоза, а меньшую — гидравлический. Электрические тормоза обладают меньшей устойчивостью, чем гидравлические.

Однако приведенные закономерности характерны для условий большой загрузки тормозов при работе испытуемых двигателей на режимах полной или близкой к этому нагрузкам. С такими нагрузками автомобильные и тракторные двигатели проходят испытания лишь на безотказность (надежность). В большинстве других испытаний эти режимы используют сравнительно короткое время. Поэтому важно, чтобы тормоз сохранял присущую ему устойчивость на частичных нагрузках. А это определяется не только его принципиальными, но и конструктивными особенностями. Так, дисковые и штифтовые гидравлические тормоза при работе на малых нагрузках и с относительно небольшим числом оборотов вала далеко не удовлетворяют нужным требованиям.

Вследствие небольшой радиальной толщины водяного кольца и трудностей, связанных с формированием правильной, его геометрии, указанные гидравлические тормоза при частичном заполнении работают неустойчиво и в этих условиях значительно уступают электрическим.

Кроме устойчивости и для успешной эксплуатации тормозов большое практическое значение имеет стабильность торможения, т. е. свойство тормоза достаточно долго поддерживать установленный тормозной момент. С этой точки зрения предпочтительнее также тормоза постоянного тока. Стабильность их гораздо выше дисковых, и штифтовых гидравлических тормозов. На второе место можно поставить лопастные гидравлические тормоза, ротор которых полностью омывается водой на всех нагрузочных режимах.

В целом электрические тормоза постоянного тока обеспечивают более приемлемые условия для совместной с двигателем устойчивой и стабильной работы испытательных установок. Тем более, управление современных электрических тормозов, как правило, автоматизируют, что позволяет в любом случае поддерживать заданный скоростной режим. Автоматизация управления вообще сглаживает недостатки тормозов, но такое, весьма удобное регулирование по скорости применяют пока в электрических тормозных устройствах. Это обстоятельство следует учитывать при выборе типа тормоза.



12. Функциональная схема измерительного устройства: типовые звенья

В измерительных приборах каждое преобразование величин входных в выходные рассматривают как отдельное звено прибора. При анализе приборов звенья их условно изображают в виде прямоугольника со стрелками, указывающими направление действия физических величин. Например, жидкостный манометр представляет собой прибор с одиночным звеном. Входными для него являются величины: разность давлений $p_1 - p_2$ и температура t окружающей среды, поскольку она влияет на объем жидкости, а выходной величиной — суммарное перемещение менисков, равное H .

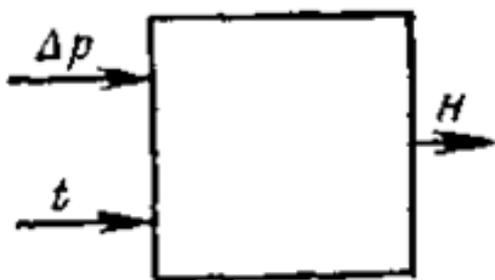
Когда выходные величины малы, в приборы вводят усилительные звенья, включаемые обычно последовательно первым звеньям. Цепочку взаимосвязанных в определенной последовательности звеньев называют структурной схемой прибора. В зависимости от места, которое занимает звено в структурной схеме измерительного прибора, различают первичные, промежуточные и конечные, или выходные, звенья.

Первичные звенья контактируют с изучаемой средой и образуют чувствительный элемент прибора. Если чувствительный элемент преобразует измеряемую физическую величину в параметры другой физической величины, то его называют первичным преобразователем информации; в других случаях — приемником. Приемники должны, следовательно, передавать измеряемую величину в измерительную цепь без искажений. Примером этого может служить измерение статического давления в сосудах и трубопроводах через отверстие в стенке последних.

Промежуточные звенья передают физические величины по измерительной цепи от первичных к конечным выходным звеньям. При передаче и одновременном увеличении механических перемещений применяют рычажные, шестеренчатые и другие механизмы, соответственно которым звенья называют передаточно-множительными механизмами. Если используются иные принципы преобразования, промежуточные звенья называют усилительными, согласующими, выпрямительными и т. д.

В зависимости от способа преобразования информации в промежуточном звене все измерительные приборы разделяют в настоящее время на две большие группы: с амплитудными, называемыми также аналоговыми, преобразователями и с дискретными преобразователями.

Конечные звенья образуют указатель или регистрирующую выходную часть прибора, которую снабжают шкалой, цифровым указателем (при дискретном счете) или автоматическим записывающим устройством.



13. Погрешности измерительных устройств: статические и динамические

Известно, что измерения не могут быть выполнены абсолютно точно и всегда содержат некоторую ошибку. Несмотря на разнообразие причин, характера и природы ошибок измерений, все погрешности разделяют на два основных вида: объективные и субъективные.

Объективные погрешности возникают вследствие несовершенства принятого метода измерения, особенностей конструкции прибора и влияния внешних условий на процесс измерения. При этом различают погрешности: статические, наблюдаемые при измерении постоянных по времени величин, и динамические, наблюдаемые при измерении переменных по времени величин.

Статические и динамические погрешности образуют категорию так называемых систематических погрешностей.

К объективным относят также категорию случайных погрешностей.

Статические погрешности складываются: во-первых, из погрешностей, связанных со свойствами материалов, технологией их обработки, качеством изготовления и сборки деталей прибора и другими параметрами прибора-инструмента; во-вторых, из погрешностей, связанных только с методикой измерения, положенной в основу построения данного прибора. В силу этого статические погрешности разделяют на инструментальные и методические.

К инструментальным погрешностям относят погрешности, возникающие от трения, излишних зазоров в опорах, неточности изготовления, сборки и регулировки узлов, изменения упругих свойств и линейных размеров деталей с течением времени, в связи с перегрузками и изменением температуры и т. д.

Чтобы уменьшить инструментальные погрешности, в приборах применяют специальные материалы, вводят компенсаторы, экранирование, герметизацию и, как правило, оговаривают рабочие пределы внешних условий.

Методические погрешности обуславливаются самим принципом построения прибора. Они не связаны с многочисленными факторами, порождающими инструментальные погрешности. Поэтому уменьшить или устранить их можно лишь путем изменения или замены схем и методов, положенных в основу работы звеньев измерительного прибора.

Динамические погрешности обуславливаются инерционными свойствами прибора. Наличие механической, тепловой и других видов инерционности приводит к тому, что показания прибора запаздывают при изменении входной величины или достигают нового значения после длительного затухающего колебания (успокоения), или же нарастают (уменьшаются) пропорционально скорости изменения входной величины.

Колебательное движение подвижных частей прибора порождает амплитудные и фазовые погрешности вследствие перемещения системы в новое положение равновесия. Пока колебательное движение не прекратилось или амплитуда колебаний не уменьшилась до приемлемого предела, производить отсчет не следует.

14. Методы определения шума и вибраций ДВС

Звук – колебательные явления в определенном интервале частот, воспринимаемых органами слуха.

Шум – это совокупность аperiodических звуковых явлений разной интенсивности и частоты. Также можно сказать, что шум – это любое неблагоприятное звуковое явление. Уровень шума чаще всего измеряют в децибелах.

Вибрации – процесс распространения механических колебаний в твердом теле. Для вибраций характерна низкая частота (до 100 Гц) и большая амплитуда (0,003 - 0,5мм). Вибрации принято характеризовать величинами колебательного перемещения, скоростью и ускорением.

Спектры шумов исследуют с помощью так называемых объективных шумомеров, состоящих из датчика (микрофона или акселерометра), воспринимающего звуковое давление или вибрацию, измерительного звена, выполняемого в виде лампового усилителя и называемого обычно шумомером, или виброметром, и выходного звена — указателя, проградуированного в дБ.

Вибродатчики (вибропреобразователи) в зависимости от назначения позволяют измерять как относительные, так и абсолютные параметры колебательных процессов (перемещения, скорости, ускорения). Для определения, например, виброизоляции применяют датчики относительных перемещений, а энергию колебаний источника оценивают датчиками скорости или ускорения. В настоящее время исключительное распространение получили датчики ускорения, а другие параметры вибрации определяют с помощью специальных интеграторов, позволяющих преобразовывать ускорения в нужные выходные параметры. Обычно используют емкостные, индуктивные, тензорезисторные и пьезоэлектрические датчики. Последние наиболее распространены, поскольку они обладают высокой чувствительностью и широким диапазоном измеряемых частот.

Кроме указанных шумомеров и виброметров, для исследования шума и вибраций применяют многоканальные усилители-анализаторы, позволяющие одновременно получать необходимые характеристики исследуемых процессов в различных точках испытуемого объекта. Это особенно важно при оценке звукоизоляции, определении направлений распространения шума и вибраций при исследовании случайных процессов и особенно неустановившихся режимов работы двигателей. Анализаторы шума подразделяют на фильтровые и гетеродинные.

15. Сопоставление результатов испытаний

Материалы, получаемые при испытании одного и тем более разных двигателей и в разное время, можно сопоставлять лишь после соответствующей обработки и приведения их к единым или так называемым стандартным условиям. На некоторых режимах работы степень сопоставимости испытаний вообще предопределяется выбором параметров, по которым устанавливают нужный режим и контролируют соблюдение его в процессе испытаний.

Без выполнения названных условий бывает трудно, а чаще всего невозможно сравнивать между собой результаты отдельных одноименных испытаний. Причины этого заключаются, во-первых, в том, что показатели двигателей, кроме всего, зависят от параметров окружающей среды, т.е. от давления, температуры и влажности атмосферного воздуха, которые могут иногда изменяться от замера к замеру; во-вторых, при работе на частичных нагрузках возникают трудности с воспроизведением нужных режимов испытаний.

Давление атмосферного воздуха и индикаторная мощность, развиваемая двигателями без наддува, как известно, связаны между собой почти прямолинейной зависимостью, если температура и влажность воздуха неизменны. В таких случаях можно с достаточной для практики точностью считать, что значения индикаторной мощности N_i и N'_i и абсолютного атмосферного давления B_t и B'_t находятся в соотношении $N_i/N'_i = B_t/B'_t$.

Влажность атмосферного воздуха пропорционально снижает плотность сухого воздуха и, следовательно, весовую долю его во влажном воздухе при данных температуре и абсолютном барометрическом давлении. Поэтому с увеличением влажности атмосферного воздуха индикаторная мощность двигателя уменьшается прямо пропорционально весовой доле сухого воздуха во влажном.

Влияние температуры воздуха на величину индикаторной мощности двигателя легко можно выявить, если исходить из хорошо известного положения, что $N_i = f(\eta_V)$. Иными словами, при условиях сохранения одинаковыми величин η_i , α и n , индикаторная мощность изменяется прямо пропорционально изменению количества воздуха G_B , поступающего в цилиндры двигателя в единицу времени.

Приведение эффективной мощности к стандартным атмосферным условиям не отличается от рассмотренной, когда N_e изменяется примерно пропорционально величине N_i .

Приведение часового расхода топлива к стандартным атмосферным условиям для дизелей делают следующим образом. При изменении температуры воздуха на каждые 10°C в диапазоне $10-60^\circ\text{C}$ и неизменном положении рейки насоса часовой расход топлива G_T изменяют на 1,5%. Для случаев, когда $t > 20^\circ\text{C}$, замеренный расход топлива увеличивают на указанную поправку и соответственно снижают, если $t < 20^\circ\text{C}$.

16. Рекуперация энергии тормозных устройств

Рекуперативное торможение — вид электрического торможения, при котором электроэнергия, вырабатываемая тяговыми электродвигателями, работающих в генераторном режиме, возвращается в электрическую сеть.

Рекуперативное торможение широко применяется на электровозах, электропоездах, современных трамваях и троллейбусах, где при торможении электродвигатели начинают работать как электрогенераторы, а вырабатываемая электроэнергия передаётся через контактную сеть либо другим электровозам, либо в общую энергосистему через тяговые подстанции.

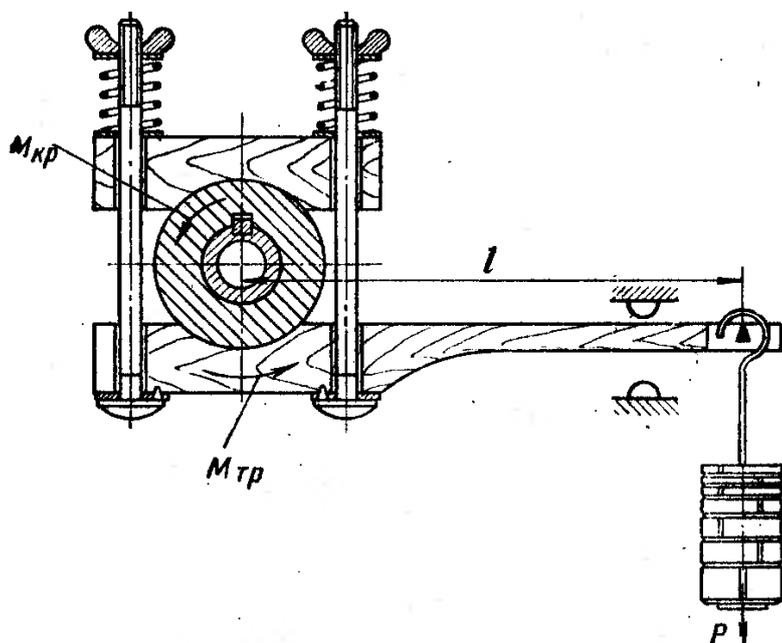
Аналогичный принцип используется на электромобилях, где вырабатываемая при торможении электроэнергия используется для подзарядки аккумуляторов.

Проводились также эксперименты по организации рекуперативного торможения на обычных автомобилях; для хранения энергии использовались маховики, пневматические аккумуляторы (англ.) и другие устройства.

Преимущества установки блоков рекуперации энергии RBU:

- Экономия электроэнергии
- Уменьшение температуры преобразователя по сравнению с реостатным торможением
- Уменьшение габаритов приводной установки
- Уменьшение массы привода для транспортных применений
- Устойчивое напряжение в звене постоянного тока
- Защита преобразователя в тормозных режимах

17. Механические тормозные устройства



Мех. тормоз представляет собой механизм состоящий из ротора (барабана), двух зажимных балок, рычага и груза. Под действием груза нижняя балка механизма поднимается вверх, тем самым прижимая ротор к верхней балке, что провоцирует замедление его вращения и полную остановку.

Ясно, что подобные торм. уст-ва отличаются исключительной простотой, но имеют малую энергоемкость, вследствие чего ранее их применяли при испытании сравнительно

маломощных и тихоходных двигателей.

В механическом тормозе мощность, развиваемая двигателем, расходуется на преодоление трения, поэтому шкив и колодки быстро нагреваются и нуждаются в интенсивном охлаждении, а также в небольшой, строго нормированной подаче масла на поверхности трения. Иначе коэффициент трения во время испытаний изменится, что вызовет крайне неустойчивую работу установки.

Однако основная причина неустойчивой работы механического тормоза состоит в неблагоприятной закономерности протекания его характеристики. Дело в том, что момент силы трения в таких тормозах определяется лишь величиной давления колодок на шкив, т. е. затяжкой болтов. При неизменной затяжке болтов момент силы трения практически сохраняется постоянным на всех скоростных режимах. Соответственно с этим мощность, поглощаемая тормозом, изменяется прямо пропорционально числу оборотов вала, т. е. $N_T = an$, где a - постоянное число, тогда как крутящий момент двигателя при изменении скоростного режима изменяется по некоторой кривой, нарастая, а затем снижаясь по мере увеличения оборотов вала.

Поэтому равновесное состояние тормозной установки с данной затяжкой болтов можно обеспечить только при строго определенном числе оборотов вала. Малейшее случайное изменение величины крутящего момента двигателя приводит к изменению числа оборотов вала и нарушению принятого режима работы. Это требует непрерывной регулировки затяжки болтов и осложняет проведение испытаний. В силу указанных недостатков и крайней примитивности механических фрикционных тормозов они утратили самостоятельное значение.

18. Измерение временных интервалов при испытаниях ДВС

Продолжительность отдельных замеров, как указывалось ранее, определяют механическими и электрическими секундомерами. Особенно широко применяют электрические секундомеры, в качестве которых используют либо синхронные двигатели, либо электронные импульсные счетчики — частотомеры, легко вписывающиеся в общую систему управления другими приборами. Это значительно облегчает задачу автоматизации и программирования процессов измерения различных параметров.

Принципиальная схема синхронных электрических двигателей показана на рис. V.12 [55]. Такие двигатели включают в сеть переменного тока со стабилизированной частотой. Чтобы создать вращающееся магнитное поле, оба полюса электромагнита 1 разрезаны прорезью и на один из выступов с каждой стороны надеты кольца 2 и 4 из красной меди. Вследствие этого возникает разность фаз магнитных

потоков в полюсах, образуется переменное поле, в котором якорь 3, имеющий на коротко замкнутую обмотку, начинает вращаться при подключении двигателя к сети.

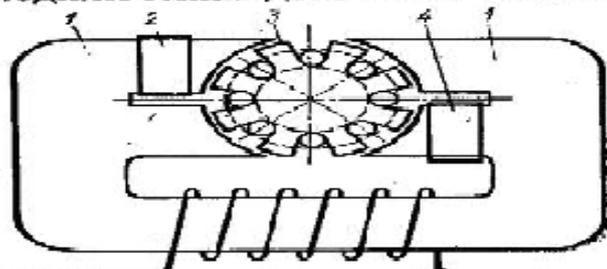


Рис. V.12. Принципиальная схема синхронного электрического двигателя, используемого для измерения времени

Типичным примером может служить известный отечественный электронно-счетный прибор ЧЗ-32, построенный по классической схеме частотомеров, в которых подсчитывается число периодов неизвестной частоты за известный высокоточный отрезок времени, называемый временем измерения.

Кроме интервалов времени, которые можно измерять в пределах от 10 мкс до 100 с при любой полярности и амплитудах 0,5–100 В, прибор позволяет также измерять еще ряд параметров:

1) частоту синусоидальных колебаний в диапазоне 10 Гц–3 МГц при входных напряжениях 0,1–100 В с погрешностью самого кварцевого генератора (не превышающей в нормальных условиях $\pm 1 \cdot 10^{-7}$) \pm единица счета;

2) длительность импульсов любой полярности от 10 мкс до 10 мс, имеющих амплитуду 0,5–100 В, с погрешностью не более погрешности опорного генератора \pm один период частоты заполнения при крутизне фронтов не менее 0,25 В/мс;

3) скорость или частоту вращения вала в диапазоне 60–600 тыс. об/мин при наличии фотоэлектрического преобразователя частотомера ЧЗ-28;

4) число оборотов вала при работе в режиме суммирования и с такими же параметрами входного сигнала, как в случае измерения частоты колебаний;

5) отношение двух частот.

19. Интеллектуальные датчики в составе измерительных комплексов

Объединение цифровых схем и микропроцессоров в одном устройстве позволяет производить не только усиление и коррекцию, но и часть обработки информации в самом датчике.

Такие интегральные датчики могут не только контролировать измеряемые величины, но и осуществлять их оценку, коррекцию по определенным критериям, контролировать свои собственные характеристики, работать в режиме диалога с центральной системой управления, принимать команды, передавать измеренные значения в цифровой форме, а также аварийные сообщения.

В отличие от интегральных датчиков, в которых на базе новых технологий осуществляется объединение чувствительных элементов со схемами их включения, а также линеаризация характеристик и термокомпенсация, датчики с встроенными вычислительными средствами принято называть интеллектуальными, учитывая многообразие их функций, возможности самоконтроля и двустороннего обмена информацией с системой управления.

Интеллектуальный датчик в силу особенностей своей структуры и расширенных функциональных возможностей позволяет обеспечить либо выполнение соответствующих функций, повышающих информативность выходного сигнала до необходимого уровня, либо формирование потока данных с необходимой достоверностью на основе анализа достаточно большого количества результатов отдельных, относительно недостоверных измерений. В результате реальные метрологические характеристики интеллектуальных ИП оказываются существенно выше характеристик датчиков в традиционном исполнении. Это связано с тем, что интеллектуальный датчик (ИД) является не просто датчиком, а представляет собой совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих отображение свойств объекта в виде некоторой структуры данных, формируемых в результате обработки выходного сигнала первичного чувствительного элемента по определенному алгоритму.

В автоматических системах управления и контроля интеллектуальные датчики выполняют следующие основные функциональные задачи:

- преобразование входного сигнала в сигнал требуемого вида с воспроизводимой функциональной связью между ними;
- преобразование полученного сигнала в форму, обеспечивающую помехозащищенную передачу к устройству обработки данных по каналу связи;
- избирательную регистрацию и предварительную обработку выходного сигнала;
- подавление существенных для решения данной задачи помех (возмущающих воздействий);
- реагирование на изменяющиеся условия в точках контроля;
- обеспечение и контроль собственного функционирования.

Структурная схема ИД зависит от структурных схем измерительных преобразователей, входящих в состав датчика,

- первичный измерительный преобразователь с неэлектрическим входным сигналом
- промежуточный измерительный преобразователь.;
- электронный блок подготовки и первичной обработки измерительного преобразователя;
- аналого-цифровой преобразователь;
- источник питания;
- микро-ЭВМ;
- интерфейс.

Выходной сигнал первичного ИП может непосредственно преобразоваться в цифровую форму. Первичный ИП может быть объединен с аналого-цифровым преобразователем.

20. Индикация давления в камере сгорания ДВС

Индикаторные диаграммы давлений в цилиндрах позволяют наибольшей надежностью определять среднее индикаторное давление в них и, следовательно, индикаторную мощность двигателя, оценивать особенности отдельных рабочих процессов, механические потери на трение в двигателе, жесткость его работы, температуру рабочего тела и т. д.

Устройства для записи быстроизменяющихся давлений называют индикаторами. По принципу действия их разделяют на электрические и пневмоэлектрические, или стробоскопические (точечные). Ранее для тихоходных двигателей применяли также механические индикаторы.

Электрические устройства индицирования обеспечивают запись мгновенных давлений в цилиндрах за каждый рабочий цикл двигателя, т. е. позволяют получать одноцикловую диаграмму. Стробоскопические последовательно фиксируют давления, относящиеся к отдельным точкам индикаторной диаграммы за время протекания сотен циклов, обеспечивая, таким образом, получение многоцикловых диаграмм.

Основными звеньями любых индикаторов являются датчики давления и регистрирующие приборы. В электрических индикаторах для регистрации используют магнитоэлектрические, но чаще все электронные (катодные) осциллографы общего назначения. Давления на диаграммах (осциллограммах) записывают в функции времени, угла поворота вала двигателя, хода поршня или объема цилиндра. В процессе индицирования на поле диаграммы наносят отметки мертвых точек, момента подачи искры или топлива в цилиндры, времени в долях секунды и делают другие записи, необходимые для последующей обработки диаграмм ручным или машинным способами.

Электрические индикаторы. Индикаторы этого типа основаны на применении или магнитоэлектрических, или электронных осциллографов.

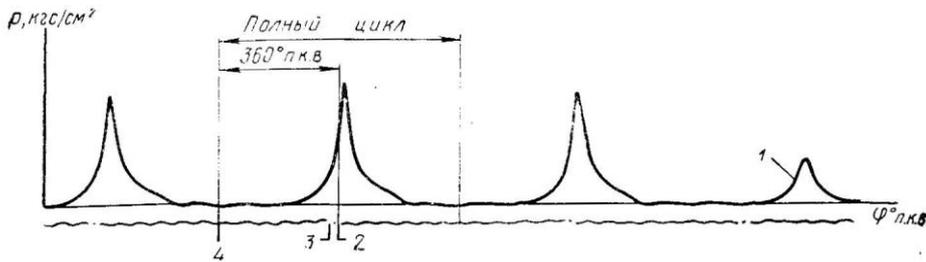


Рис. 3.10 Одноцикловая индикаторная диаграмма: 1 — цикл без зажигания; 2 — в.м.т.; 3 — отметка подачи искры; 4 — н.м.т.

Электронные индикаторы допускают запись давлений как по углу поворота вала двигателя, так и в зависимости от хода поршня, если на пластины горизонтальной развертки осциллографа подается напряжение, пропорциональное пути, пройденному поршнем. Кроме высокой собственной частоты колебаний, датчики должны отвечать еще специфике быстроходных автомобильных и тракторных двигателей, имеющих относительно малый объем цилиндров и большие степени сжатия.

Для измерения быстроизменяющихся давлений в последнее время успешно применяют тензометрические датчики.

Измеряемое давление, действуя на мембрану, вызывает деформацию балочки, которая регистрируется осциллографом с помощью тензометрической аппаратуры.

Для охлаждения датчика при установке его на горячих деталях предназначена водяная рубашка 10. Балочка с тензометрами защищена от нижней части корпуса двумя тепловыми экранами 8 из латуни толщиной 0,2 мм. Конструкция датчика позволяет выполнять его тарировку непосредственно на месте измерения. Для этого воздух известного давления через штуцер 2 подается в полость над мембраной.

Датчик можно применять для исследования периодически изменяющихся давлений частотой до 300 Гц. Линейность характеристики датчика (в комплекте с тензометрической установкой типа ТУЧМ) сохраняется при избыточном давлении (или разрежении) до 0,65 кгс/см².

21. Скоростные характеристики ДВС

Характеристики этого вида представляют собой графическое изображение закономерности изменения обследуемых параметров двигателя от числа оборотов (скорости вращения) его вала. Основными из них являются внешняя и частичные скоростные характеристики, характеристики холостого хода и условных внутренних потерь.

Внешней скоростной называют характеристику, получаемую при полном открытии дроссельной заслонки (заслонок в многокамерных карбюраторах) в карбюраторных двигателях или при крайнем предельном положении рычага управления рейкой насоса высокого давления, соответствующем полной подаче топлива в дизелях.

Кроме графического изображения мощности, крутящего момента, часового и удельного расходов топлива, характеристику дополняют иногда графиками угла опережения зажигания или подачи топлива, разрежения в заданной зоне впускного тракта, температуры смеси или газа, расхода воздуха, состава смеси и т. д.

Частичной скоростной называют характеристику, получаемую при некоторых промежуточных положениях дроссельной заслонки (заслонок), постоянных для каждой характеристики, или неизменном промежуточном положении рычага управления, соответствующем неполной подаче топлива насосом высокого давления в дизелях.

Характеристика холостого хода представляет собой графическое изображение часового расхода топлива при работе двигателя без нагрузки. Для карбюраторных двигателей ее часто изображают также в виде графика разрежения $\Delta p_{\text{вп}}$ в задрозельном пространстве впускного тракта.

Характеристика внутренних (механических) потерь в двигателе представляет собой графическое изображение мощности, затрачиваемой на преодоление трения в его механизмах и на привод вспомогательного оборудования при изменении числа оборотов. Такая характеристика должна выявлять мощность, затрачиваемую на преодоление трения и на приведение в действие механизмов и агрегатов, обслуживающих двигатель в эксплуатации, за исключением вентилятора и глушителя шума отработавших газов, а также оборудования, предназначенного для обслуживания шасси (компрессора, насоса гидроусилителя руля и т. п.). В мощность механических потерь условно включают также мощность, затрачиваемую на газообмен в двигателе — насосные потери.

Характеристику механических потерь снимают методом прокручивания вала испытуемого двигателя с помощью балансирной электрической машины, работающей в моторном режиме, в диапазоне чисел оборотов $n_{\text{мин}} \div n_{\text{ном}}$ (или $n_{\text{мах}}$ для дизелей) при отключенной подаче топлива.

22. Измерение давлений при испытаниях ДВС

Давление жидкостей и газов в емкостях и потоках измеряют различными указывающими, самопишущими и сигнализирующими приборами, называемыми в общем манометрами.

По назначению приборы измерения давлений строго разделяют на манометры масла, топлива, воды, воздуха, кислорода, ацетилен и т. д. (применение манометра в целях, для которых он не предназначен, опасно), а по принципу действия их чувствительных элементов (датчиков, приемников), передающих и регистрирующих звеньев — на механические и электромеханические. Среди этих групп выделяют: жидкостные, пружинные, поршневые и другие манометры, а также манометры с электрическими преобразователями.

Выбор нужных приборов измерения давлений определяется назначением и принятой методикой исследования, желаемой точностью измерения и диапазоном измеряемых давлений. В лабораториях двигателей приборы давлений применяют при настройке двигателей на заданный режим испытаний, для контроля за работой их систем и определения давления в окружающей среде, а также в устройствах, измеряющих расход жидкостей и газов. Этим целям вполне отвечают обычные указывающие жидкостные и пружинные приборы различных модификаций.

Так, манометрами и пьезометрами измеряют избыточные давления; мановакуумметрами и пьезометрами — давления ниже атмосферного; барометрами — давления в окружающей среде. Наиболее широко применяют жидкостные манометры, обладающие универсальностью и высокой точностью.

Величины давлений выражают в единицах градуировки существующих лабораторных приборов: кгс/см², мм вод. ст., мм рт. ст. и миллибарах (мбар). В новой международной системе единиц СИ давления выражают в Н/м², но приборов с такой градуировкой пока не выпускают.

Необходимыми условиями эффективного использования любого из перечисленных приборов являются правильное ориентирование их в пространстве, надежная защита от вибраций, толчков и соблюдение норм подключения к местам замера. Если рабочее положение прибора вертикальное или горизонтальное, то это неукоснительно должно выполняться. Правильное подключение приборов к месту замера особенно важно при измерении давлений в потоках.

В потоках чаще всего приходится измерять статическое давление. Обычно это делают через отверстие в стенке канала, исходя из того, что давление на стенке такое же, как и в потоке, в направлении по нормали к стенке. Поэтому к расположению и форме отверстия, через которое измеряют давление, предъявляют повышенные требования. Именно, ось отверстия должна быть перпендикулярна стенке, а диаметр отверстия не должен превышать 1,0 мм. Кроме того, стенка перед отверстием должна быть совершенно гладкой, без выступов, впадин и рисок, а кромки отверстия — без заусенцев и фасок. К сожалению, на практике отверстие под приемный штуцер прибора часто сверлят с выходом большого сверла в обследуемый канал и нисколько не заботятся, чтобы поставить штуцер хотя бы заподлицо со стенкой. Эти и другие нарушения в размещении приемника, каковым для приборов давления является отверстие в стенке канала, искажают результаты измерений.

23. Измерение сил: электронно-механические и электронные динамометры

Электронные динамометры просты и надежны. Электронные динамометры позволяют фиксировать пиковое (максимальное) значение прилагаемых усилий. Применение в динамометрах современной комплектующей базы позволило свести к минимуму количество электронных компонентов, что значительно повысило надежность и долговечность электронного блока динамометра.

Использование тензометрических датчиков промышленного (серийного) производства в совокупности с современными измерительными модулями на базе цифровых технологий обработки сигналов обеспечивает электронным динамометрам высокую надежность, широкие функциональные возможности и удобство эксплуатации. Кроме того, электронные динамометры имеют в 1,5-2 раза меньшие габаритные размеры и вес, а длина соединительного кабеля до 30м позволяет контролировать показания индикатора динамометра вне потенциально опасной зоны установки датчика силы.

В отличие от механических, электронные динамометры имеют ряд отличительных особенностей:

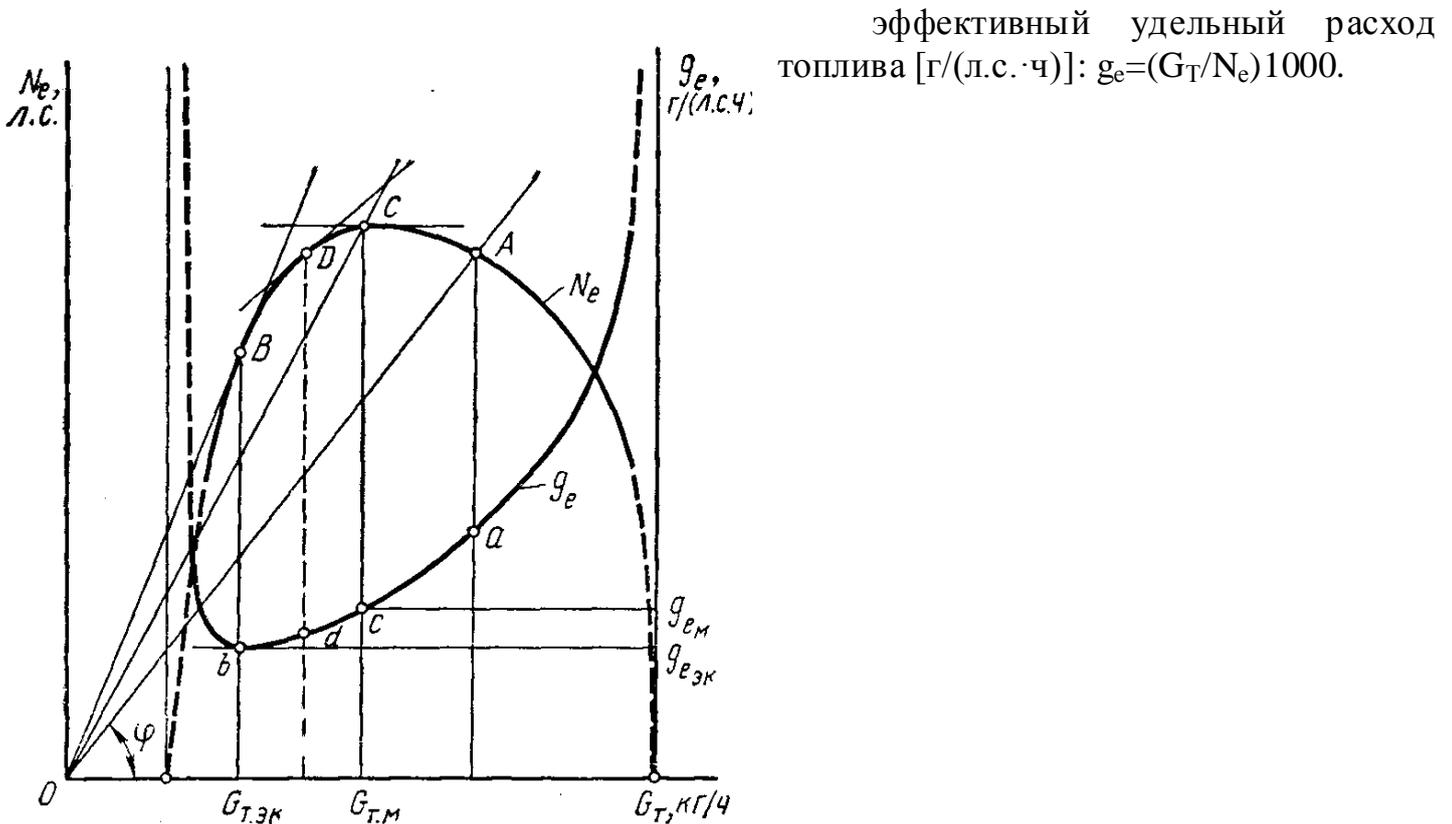
- более высокая разрешающая способность;
- универсальная система крепления датчика;
- светодиодная индикация с возможностью автономного питания;
- возможность установки и подключения дополнительных модулей (радиомодем, аналоговые и релейные выходы);
- возможность измерения усилий растяжения и сжатия одним прибором.

Электронные динамометры могут использоваться не только как более точные динамометры общего назначения, но и как образцовые динамометры. Невысокая по сравнению с механическими аналогами стоимость, а также надежность, простота и удобство эксплуатации обеспечивает высокую популярность предлагаемого оборудования на отечественном рынке.

При эксплуатации различных испытательных машин используется возможность связи электронного динамометра с системой управления испытательных машин (отключение питания, подача сигналов при достижении контрольных нагрузок, и т.п.), позволяющая автоматизировать процесс испытания.

24. Регулировочные характеристики ДВС по расходу топлива

Регулировочные характеристики по расходу топлива (или по составу смеси) представляют собой графическое изображение зависимости эффективной мощности N_e и эффективного удельного расхода топлива g_e от расхода топлива G_T (коэффициента избытка воздуха α) при постоянных числе оборотов n вала двигателя, положении дроссельной заслонки (заслонок), температурах нагрева масла и охлаждающей жидкости и наивыгоднейшем угле опережения зажигания или угле подачи топлива в цилиндры. Снятие регулировочной характеристики по расходу топлива заключается в следующем. Двигатель прогревают и выводят на скоростной режим с заданным числом n оборотов вала, которое сохраняют постоянным на всем возможном при этом диапазоне изменения мощности N_e . С этой целью постепенно увеличивают открытие дроссельной заслонки до нужной величины и одновременно с помощью тормоза повышают нагрузку так, чтобы обеспечить принятое $n = \text{const}$. Снятие характеристики можно начинать как с переобедненных, так и с переобогащенных составов горючей смеси. Для повышения достоверности результатов последовательно используют и тот и другой варианты.



$$N_e = p_e V_d n / (225\tau) = A(\eta_i / \alpha) \eta_V \eta_M n,$$

где p_e — среднее эффективное давление; V_d — литраж двигателя; η_i — индикаторный к.п.д.; $\alpha = G_B / (G_T l_0)$ — коэффициент избытка воздуха; τ — коэффициент тактности двигателя.

25. Измерение моментов на валу ДВС: статические режимы

Одним из методов определения крутящего момента двигателя является измерение опрокидывающего момента, приложенного к статору тормоза. Для получения возможности измерения этого момента статор тормоза устанавливается на балансирной подвеске, дающей свободу вращения статора вокруг оси ротора.

Измерение крутящего момента двигателя сводится к измерению силы P , приложенной на плече l . Величина l для данного тормоза постоянна и известна. Измерение величины P производится с помощью динамометров.

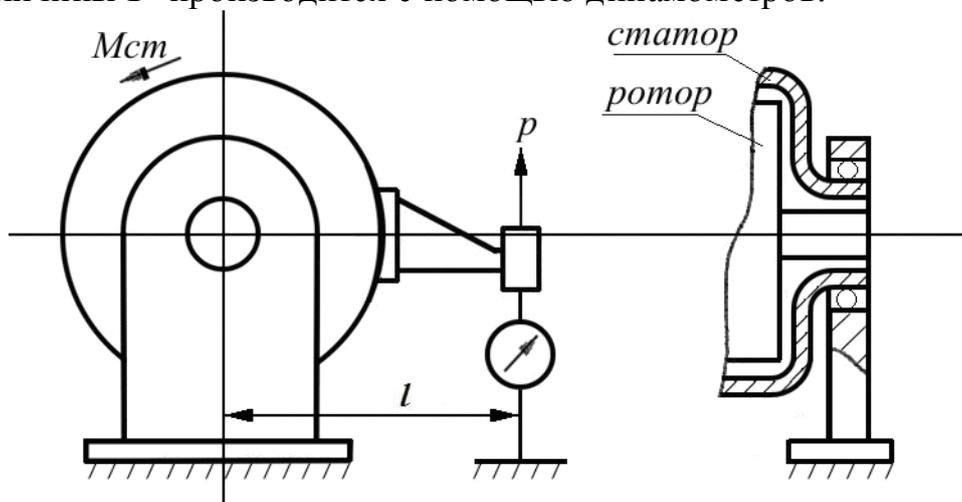


Рис. 1.1. Схема балансирной подвески статора тормоза

В качестве балансирных динамометров при испытаниях ДВС используют чаще всего маятниковые или электрические (тензометрические) динамометры.

Маятниковые динамометры являются довольно точными приборами. Погрешность их весовой головки не превышает 0,1-0,2 %. Основу составляет весовая головка — двухмаятниковый квадрантный динамометр, в котором во всех нагруженных соединениях трение скольжения заменено на трение качения. Весовая головка в сочетании с рычажными весами и реверсивным рычажным механизмом составляет весовое устройство динамометра:

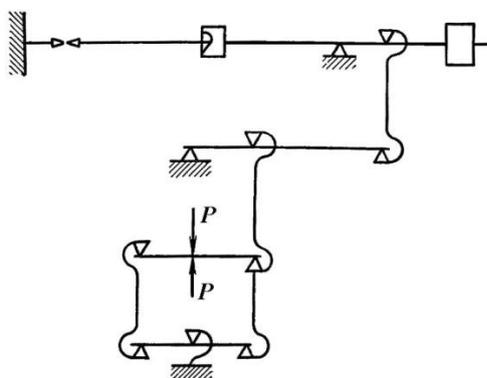


Рис. 1.2. Схема рычажного весового устройства динамометра

В основе **электрических динамометров** эффекты изменения каких-либо параметров электрической цепи вследствие упругой деформации чувствительного элемента. Наиболее распространенным способом тензометрирования.

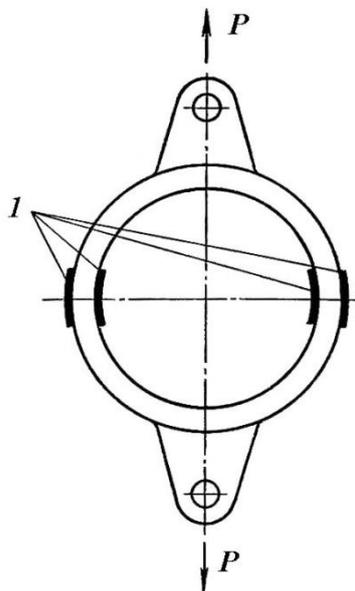


Рис. 1.4. Схема электрического динамометра

На наружной и внутренней сторонах приклеены тензометры 1 из фольги. При сжатии кольца тензометры, приклеенные на наружной его поверхности, растягиваются, что ведет к увеличению их активного электрического сопротивления, внутренние - сжимаются, их сопротивление уменьшается. По величине изменения сопротивления судят о значении силы P .

Для контроля точности измерения измерительные устройства подвергаются периодическим тарировкам. В процессе тарировки проверяются показания динамометра в 5-10 точках по всему его рабочему диапазону при нагружении и разгрузении. Процесс нагрузки повторяется не менее 5 раз.

По результатам тарировки для каждой поверяемой точки шкалы вычисляют среднее арифметическое значение показаний динамометра, дисперсию его показаний и среднеквадратичное отклонение показаний. При необходимости может определяться и гистерезис показаний. Тарировка динамометров производится при нагружении как в прямом, так и в обратном направлении.

26. Исследование процессов распыливания топлива

Исследование процессов распыливания топлива производится по исследованию структуры топливной струи, а также по измерению геометрии проточной части корпуса распылителя. Существуют расчетно-экспериментальные методы диагностики структуры топливной струи, которые можно разделить на две группы: прямые и косвенные. К первой группе методов относятся скоростное микрофильмирование (микрофотографирование); стробоскопирование; получение отпечатков капель на поверхности; отвердевание распыленных капель жидкости. Во вторую группу включены: фотометрирование, голографический метод, оптические методы.

Микрофильмировании – съемка скоростной фотокамерой и последующий покадровый анализ развития во времени и пространстве одной струи. Стробоскопирование – регистрация развития множества струй в определенный момент времени. Метод получения отпечатков капель на воспринимающей поверхности обладает недостатком – капли топлива деформируются вследствие механического влияния поверхности, что искажает измерения. Метод, основанный на отвердевании распыленных капель жидкости также обладает недостатком – в этом методе распыливается не топливо, а легкоотвердеваемая жидкость, например жидкий парафин, что искажает картину распыливания в реальных условиях. Фотометрический метод это совокупность методов спектрального анализа, основанных на избирательном поглощении электромагнитного излучения в видимой, инфракрасной и ультрафиолетовой областях частицами топлива с подходящим реагентом. Голография – метод записи на фотопластинке информации о трехмерном объекте и последующее восстановление его изображения; трудоемко, так как для обработки восстановленной голограммы требуются отдельные методы для подсчета числа и измерения размера распыляемых капель. Оптический метод – использует явления воздействия дисперсного потока на световое излучение.

Для исследований внутренней структуры струи топлива применяют так называемый лазерный нож, с помощью которого получают продольные и поперечные срезы струи. При этом отсутствует влияние на процессы, происходящие в топливной струе. Лазерный нож получают с помощью цилиндрической линзы, установленной на пути лазерного луча.

Существующие методы контроля геометрии проточной части корпуса распылителя подразделяются на косвенные и прямые.

Собранные распылители и форсунки должны удовлетворять определенным требованиям, выполнение которых контролируется с помощью специальных приборов. Распылитель в сборе должен обеспечивать:

- 1) достаточную гидравлическую плотность;
- 2) свободное перемещение иглы в направляющей;
- 3) герметичность;

Косвенные методы:

- определение давления начала впрыска;
- проверка подвижности иглы распылителя;
- проверка герметичности по запирающему конусу;
- определение отклонения струй от заданного направления;
- измерение пропускной способности форсунки или распылителя;
- проверка распылителей на гидроплотность.

Рассмотрим прямые методы. Выделяют разрушающие и неразрушающие методы. Разрушающий контроль предполагает разрезание распылителя, после чего проводятся необходимые измерения в его внутренней полости. Используется редко, поскольку после данной процедуры распылитель непригоден к использованию. Неразрушающий контроль геометрии проточной части корпуса распылителя основан на получении резиновых слепков, позволяющих провести исследование внутренней полости корпуса распылителя.

Рассмотрим технологию трехмерного сканирования. Она подразделяется на контактную и бесконтактную.

Контактная технология трехмерного сканирования использует специальные высокочувствительные датчики, соприкасающихся с исследуемой поверхностью и передающих координаты точек в компьютер. Такие датчики также называют «щупами». Существуют сканирующие и контактно-измерительные «щупы». Первые в процессе своего движения по поверхности передают координаты множества точек. Вторые необходимо сначала позиционировать в нужную точку, после чего по команде пользователя снимается и передается ее координата.

Бесконтактные совмещают лазерные датчики, заменяющие механический щуп контактных трехмерных сканеров, и цифровой фотоаппарат, который используют для большей точности сканирования, что позволяет получить модели объектов с наложенными текстурами

27. Определение индикаторных диаграмм ДВС

Индицирование – процессы, связанные с записью быстроизменяющихся давлений в цилиндрах, каналах и внутренних полостях двигателей. В применении к цилиндрам двигателя такие записи называют индикаторными диаграммами.

Индикаторные диаграммы давлений в цилиндрах позволяют определять среднее индикаторное давление в них и индикаторную мощность двигателя, оценивать особенности отдельных рабочих процессов, механические потери на трение в двигателе, жесткость работы, температуру рабочего тела.

Устройства для записи быстроизменяющихся давлений называют индикаторами. По принципу действия их разделяют на электрические и пневмоэлектрические, или стробоскопические (точечные). Ранее для тихоходных двигателей применяли также механические индикаторы.

Давления на диаграммах (осциллограммах) записывают в функции времени, угла поворота вала двигателя, хода поршня или объема цилиндра. В процессе индицирования на поле диаграммы наносят отметки мертвых точек, момента подачи искры или топлива в цилиндры, времени в долях секунды для последующей обработки диаграмм ручным или машинным способами. Ручная обработка диаграмм очень трудоемка и непригодна для анализа индикаторных показателей двигателя в большом объеме. Поэтому применяют ЭВМ, позволяющие оперативно осуществлять контроль в ходе самого эксперимента за всеми получаемыми показателями.

Вследствие влияния различных случайных причин давления, фиксируемые в последовательных циклах, могут заметно отличаться друг от друга. Поэтому возникает необходимость в осреднении нескольких десятков диаграмм, а это усложняет обработку результатов индицирования, особенно при ручном счете.

Для воспроизведения входных сигналов с большей точностью датчики индикаторов должны обладать высокой частотой собственных колебаний и соответствующими амплитудными характеристиками. Требуется высокий уровень сигнала с линейной зависимостью от давления, малая чувствительность к вибрации и изменению температурного режима, приемлемые размеры и стабильность характеристики.

Анализ индикаторной диаграммы начинают с определения начала видимого сгорания в цилиндре, которое соответствует отрыву линии сгорания от линии сжатия. На рабочую индикаторную диаграмму необходимо наложить диаграмму сжатия — расширения. Наиболее простое решение состоит в выключении зажигания и фотографировании диаграммы сжатия — расширения методом прокрутки вала двигателя с выключенным зажиганием или без подачи топлива. Но наполнение двигателя заметно при этом изменяется, что влечет соответствующее изменение давления в цилиндре.

Для более точного определения момента начала видимого сгорания выключают зажигание в последнем периоде регистрации и обеспечивается регистрацию процессов сжатия — расширения с наложением. Линии сжатия на диаграмме сжатия — расширения практически полностью совпадают при этом с линией сжатия рабочих циклов, что и позволяет сравнительно точно определять момент начала видимого сгорания.

28. Измерение температуры при испытаниях ДВС

Определение температуры тела основано на теплообмене между телами и на изменении физических свойств тел при нагреве. Чтобы определить степень нагретости тела, его вводят в тепловой контакт с другим телом, называемым термометром.

Для измерения температуры применяют— термометры местного и дистанционного контроля температуры.

По принципу действия термометры разделяют на механические, электромеханические и электрические.

К механическим относят термометры, которые основаны на тепловом расширении твердых и жидких тел, на изменении давления газов или жидкости в замкнутых системах, вызывающих механическое перемещение. Наиболее распространены жидкостные и манометрические термометры.

К электромеханическим и электрическим относят термометры сопротивления, в которых используют свойства проводниковых и полупроводниковых термосопротивлений, с полупроводниковыми диодами и триодами, а также термоэлектрические термометры, позволяющие измерять тепловое состояние среды по изменению термоэлектродвижущей силы в термометрической паре проводников. Чаще всего применяют электрические.

Без измерения температур окружающей среды, теплового состояния двигателя и расходоуемых материалов нельзя получить достоверных результатов, сравнить одни испытания с другими. Выбор нужного типа термометра определяется назначением, необходимой точностью измерений и пределами температур.

Жидкостные термометры применяют для измерения температуры окружающей среды, потоков воздуха и жидкостей в трубопроводах; манометрические термометры — для охлаждающей жидкости и картерного масла двигателя; термометры сопротивления — для воды, воздуха, картерного масла, топлива и т. д., термоэлектрические термометры — для отработавших газов, тепловой напряженности деталей двигателя и других горячих объектов.

Результаты измерений определяются от: способа размещения датчика, теплопроводности материала, излучения тепла поверхностью датчика и его тепловой инерции, а также от скорости и характера движения потока.

Необходимо глубокое погружение датчика в среду и против направления движения среды, а трубопровод в зоне размещения датчика покрывают теплоизолирующим материалом. Не рекомендуется размещать датчик по потоку.

Измерение температуры отработавших газов затруднено. Так как поток пульсирует. В зависимости от целей исследования определяют не только среднюю температуру отработавших газов, но и мгновенные ее значения.

Измерение температуры в потоке горючей смеси осложнено двухфазностью потока. Применяют экранирование термометров со стороны набегающего потока.

Измерение температуры деталей, включая подвижные, проводят с помощью различных термопар и термометров сопротивления, которые устанавливают на поверхности деталей или встраивают в их тело. Применяют нанесение на поверхность детали термочувствительных красок, установку специальных штифтов, плавких вставок.

29. Индукторные тормозные устройства

Тормоза этого типа являются разновидностью электрических и известны как индукционные, или электромагнитные. Мощность испытуемого двигателя расходуется в них на образование вихревых токов, возникающих в магнитопроводе в случае периодического намагничивания его и размагничивания. Если вращать монолитный железный диск между двумя полюсами магнита, то в диске возникнут вихревые токи, образующие магнитное поле, которое взаимодействует с полем магнита и создает тормозной момент, так же как в любой электрической машине. Если вместо железного диска использовать ротор с обмоткой (электромагнит), появляется возможность регулировать этот тормозной момент в широких пределах. Поскольку вихревые токи нагревают тормоз пропорционально поглощаемой мощности испытуемого двигателя, возникает необходимость в отводе тепла по аналогии с тормозами других типов. Поэтому ротор делают магнитным (тогда его называют индуктором), а статор – электромагнитным и охлаждают их водой. В особо быстроходных конструкциях индуктор охлаждают воздухом.

Развиваемый тормозом момент при заданном постоянном токе возбуждения вначале резко возрастает, а далее с увеличением числа оборотов остается постоянным. Тормозной момент в зоне рабочих чисел оборотов вала остается постоянным. Поэтому устойчивого торможения можно достигнуть только путем регулирования скорости, поддержания её на заданном уровне с помощью автоматических устройств.

Регулирование индукторных тормозов может быть осуществлено тремя способами: выбором тока возбуждения, поддержанием постоянной скорости вращения вала и регулированием тока возбуждения по мере увеличения скорости вращения вала.

Индукторные тормоза компактны, просты, долговечны, легки в управлении на расстоянии и просты в обслуживании. Тормозная мощность достигает 3000 кВт, а скорость вращения ротора может быть рассчитана на 10-15 тыс. об/мин. Их целесообразно применять при длительных испытаниях двигателей по заранее спланированной программе с автоматическим контролем заданных режимов работы, включая неустановившиеся.

30. Требования к лаборатории испытаний ДВС

Современные лаборатории для испытания двигателей представляют собой сооружения со сложным инженерным оборудованием. Требования, которым они должны удовлетворять, обуславливаются назначением испытаний и методикой, положенной в основу технологии их проведения, а также необходимостью создания санитарно-технических и безопасных условий труда для персонала испытателей, обеспечения пожарной безопасности и др.

Технологические требования при любых видах испытаний кратко сводятся к следующему:

-оборудование испытательных стендов и вспомогательных устройств должно обеспечивать проведение испытаний полностью по установленной программе с минимальными затратами времени на выполнение монтажно-демонтажных и других подготовительных работ и с точностью измерения отдельных параметров, допускаемой для данного вида испытаний;

-помещения лаборатории должны быть оснащены необходимыми подъемно-транспортными средствами, централизованной подачей топлива и всеми видами энергетических и промышленных коммуникаций, без которых нельзя обеспечить успешное проведение испытаний;

-испытательные стенды и вспомогательное оборудование лабораторий необходимо подбирать и размещать, кроме всего, с учетом удобной эксплуатации оборудования и возможности автоматизации наиболее трудоемких испытаний и отдельных измерительных систем.

Санитарно-технические требования предусматривают:

-обеспечение лабораторных помещений эффективной приточно-вытяжной вентиляцией, необходимой для технических целей и исключения возможности загрязнения их атмосферы вредными веществами сверх предельно допускаемой концентрации.

-создание необходимых бытовых удобств для обслуживающего персонала лабораторий, включая действующие нормы на площадь и кубатуру помещений с вредными условиями труда, их освещение, отопление и водоснабжение; применение материалов для строительных конструкций, не взаимодействующих с ядовитыми веществами (ртутные пары и др.); борьбу с шумом в помещениях.

Требования техники безопасности предусматривают:

-мероприятия, исключаящие травматизм и производственные заболевания, регулярный надзор за оборудованием, проведение инструктажа новых рабочих и соблюдение приемов работы на каждом рабочем месте;

-регламентируют обеспечение персонала защитными приспособлениями, спецодеждой и работу с ртутными приборами.

Требования пожарной безопасности включают мероприятия, предупреждающие взрывы и пожары в лабораториях, относящихся в целом к категории пожароопасных сооружений.

32. Гидравлические тормозные устройства

Гидравлические тормоза обладают высокой энергоемкостью и допускают необходимое регулирование по нагрузке и числам оборотов вала. По характерным особенностям протекающих в их рабочей полости гидродинамических процессов различают динамические и объемные гидравлические тормоза.

Объемного типа тормоза представляют собой поршневые гидравлические машины, в том числе вращающимися поршнями. В лабораториях двигателей из этой группы тормозов применяют иногда шестеренчатые (шестеренчатые насосы).

Динамического типа тормоза по особенностям конструкции разделяют на дисковые, штифтовые, лопастные. Мощность, развиваемая двигателем, затрачивается на увеличение кинетической энергии струек воды, поступающей в статор, и нагрев ее в результате трения о детали и внутри жидкости, то есть механическая энергия двигателя превращается в тепловую.

Температуру воды необходимо поддерживать на уровне 50-60 С, иначе может возникнуть повышенное парообразование, также не исключены кавитация и отложение накипи.

33. Исследование процессов смесеобразования в ДВС

При проведении эксперимента на натуральном двигателе наблюдение процессов смесеобразования невозможно, либо это настолько технически сложно, что становится малодоступным. Например, используют технологию типа «бомба». Это установка для исследования рабочих процессов в камере сгорания двигателя, цилиндр которого выполнен прозрачным. Однако материал цилиндра (их изготавливают либо из кварца, либо из сапфира) дорогостоящий и не позволяет исследовать рабочие процессы на номинальном режиме работы двигателя из-за малой его прочности и быстрого закоксовывания внутренней поверхности цилиндра. Кроме того, отсутствие специальной аппаратуры в установке снижает эффективность исследования.

Известна также установка для исследования процессов в камере сгорания двигателя, в цилиндре которого выполнено прозрачно окно, напротив которого установлена аппаратура для регистрации и обработки данных. Однако наличие небольшого окошка не позволяет регистрировать процесс горения заряда во всем объеме цилиндра. Выполнение же цилиндра целиком из кварца (материал окошка) приведет к невозможности проведения в установке исследования рабочих процессов из-за низкой прочности материала. Кроме того, окна из кварца быстро покрываются копотью (закоксовываются).

Поэтому процессы смесеобразования ДВС чаще всего исследуют при помощи численного моделирования. Применение моделей в практике разработчиков ДВС послужило стимулом для того, чтобы рассмотреть основные законы теории подобия в приложении к рабочим процессам. В самом понятии «модель» подразумевается приближенное воспроизведение физического явления: в противном случае, если явление в точности воспроизводится на модели, это не модель, а натуральный образец. В каждой конкретной задаче исследования, на этапе разработки модели и при анализе результатов моделирования, требуется определить необходимые и достаточные условия приближенного подобия процессов. К ним относят критерии подобия, вид рабочего тела, параметры функционирования модели и др.

Процесс создания модели смесеобразования в ДВС подчиняется общим правилам моделирования. Исследователь изучает правила, которым подчиняются процессы смесеобразования в ДВС, а также определяет математические формулы и их зависимость друг от друга, пользуясь которыми можно рассчитать параметры смесеобразования в ДВС. На основании своих исследований создается модель смесеобразования в ДВС. Путем проведения реального эксперимента проверяется ее адекватность. Если модель адекватна ее можно применять на практике при проектировании двигателей.

34. Балансирные установки для испытаний ДВС

Тормозные устройства, поглощающие механическую энергию, развиваемую двигателем, преобразуют ее в легко измеряемый вид энергии. Одновременно с поглощением мощности двигателя возможно определение крутящего момента. Для получения возможности измерения этого момента статор тормоза устанавливается на балансирной подвеске, дающей свободу вращения статора вокруг оси ротора. Схема балансирной подвески статора приведена на рисунке 1.1.

Таким образом, измерение крутящего момента двигателя сводится к измерению силы P , приложенной на плече l . Величина l для данного тормоза постоянна и известна. Измерение величины P производится с помощью динамометров.

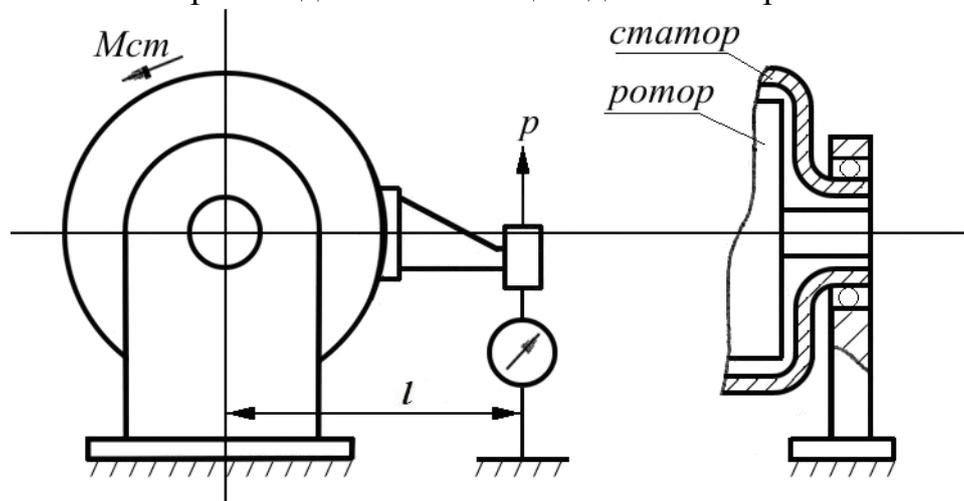


Рис. 1.1. Схема балансирной подвески статора тормоза

Тормозное и измерительное устройства образуют при этом единую установку, называемую тормозным динамометром. Существует большое количество типов динамометров, однако в качестве балансирных динамометров при испытаниях ДВС используют чаще всего маятниковые или электрические (тензометрические) динамометры. Если корпус тормоза не имеет балансирной подвески, то работу измерительной аппаратуры основывают на измерении угла закручивания соединительного вала тормоза с двигателем под действием передаваемого валом крутящего момента. В качестве тормоза может служить при этом непосредственно машина-потребитель, а не только специальные тормозные устройства. Такие установки могут измерять как средние, так и мгновенные значения крутящего момента. Тормоза с балансирно закрепленным корпусом часто называют балансирными машинами или тормозными динамометрами. При использовании воздушных тормозов балансирно закрепляют сам двигатель на специальных станках.

35. Детонационные характеристики ДВС

Детонационные характеристики двигателей определяют при доводке новых и модернизации существующих конструкций. Для выполнения работ берут не менее трех обкатанных двигателей, отвечающих утвержденным техническим условиям, с приборами зажигания и питания, настроенными по крайним и среднему пределам принятых для них допусков. Испытательный стенд должен обеспечивать работу двигателя не менее чем на четырех различных топливах при изменениях угла опережения зажигания от -20° до $+70^\circ$ поворота коленчатого вала с точностью отсчета до 1° .

Характеристики по зажиганию снимают на полной нагрузке и четырех скоростных режимах, включая минимальные и номинальные числа оборотов вала, при работе на эталонных смесях, имеющих различные ОЧ, строго соблюдая регламент, установленный ГОСТом. По результатам испытаний строят графики $N_e=f(\theta^\circ)$, как показано на рис. 10.11, по которым и определяют так называемые первичные детонационные характеристики, представляющие собой зависимость углов опережения зажигания, соответствующих началу детонации, т.е. возникновению характерного стука, от числа оборотов вала для нескольких эталонных топлив (рис. 10.12). На полученную серию кривых накладывают график оптимальных значений угла опережения зажигания θ_H или поле I характеристики автомата опережения зажигания и по общим точкам исследуемых графических зависимостей строят результирующую детонационную характеристику.

Чтобы повысить точность обнаружения детонационных стуков используют пьезокварцевые и другие датчики, которые устанавливают на головку блока.

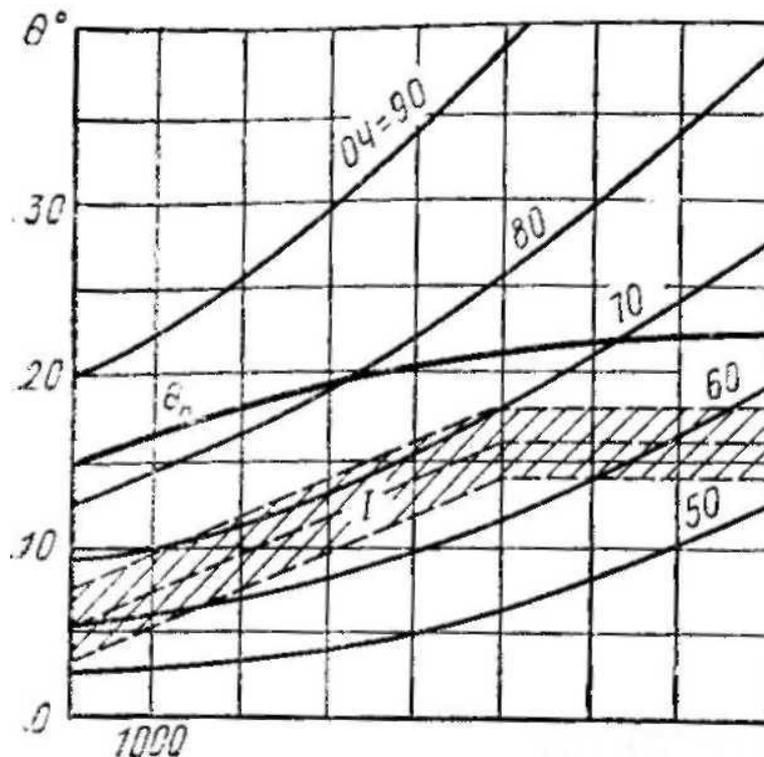


Рис. 10.12 Первичная детонационная характеристика двигателя

36. Условия устойчивой работы системы тормозной установки – ДВС в статическом режиме.

Независимо от устройства и принципа действия желательно, чтобы тормозные установки обеспечивали:

1. торможение двигателя в широком диапазоне его загрузки на всех расчетных скоростных режимах работы;
2. стабильное торможение, поддерживая достаточно долго неизменным тормозной момент;
3. устойчивое торможение, сохраняя заданный скоростной режим и в случае небольших кратковременных изменений нагрузки;
4. достаточно точное измерение крутящего момента или окружного усилия;
5. прокручивание вала двигателя или возможность его прокручивания от постороннего источника энергии;
6. полезное использование энергии, получаемой от двигателя и процесс торможения;
7. дистанционное управление органами нагружения двигателя;
8. низкий уровень шума

Устойчивость торможения характеризуется свойствами тормоза сохранять заданную скорость при неизменном положении регулирующих органов тормоза и двигателя и быстро восстанавливать ее в случаях кратковременных нарушений равновесия между крутящим и тормозным моментами.

Устойчивость тормозов предопределяется особенностями характеристики тормоза. В условиях большой загрузки тормозов двигателя испытываются на режимах полной или близкой к этому нагрузках. С такими нагрузками автомобильные и тракторные двигатели проходят испытания лишь на безотказность (надежность). В других испытаниях эти режимы используют короткое время. Поэтому важно, чтобы тормоз сохранял необходимую устойчивость на частичных нагрузках. А это определяется и конструктивными особенностями. Для успешной эксплуатации тормозов большое практическое значение имеет стабильность торможения, т.е. свойство тормоза достаточно долго поддерживать установленный тормозной момент. Здесь предпочтительнее тормоза постоянного тока.

Автоматизация управления облегчает регулирование и поддержание нужного скоростного режима.