

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С. П. КОРОЛЕВА

*Н. А. КШНЯКИН
В. П. ЧЕРВИНСКИЙ*

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ
АВТОМОБИЛЬНЫЕ
СТЕНДЫ**

Самара 1995

Государственный комитет Российской Федерации
по высшему образованию

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С.П.Королева

Н.А.Кшнякин, В.П.Червинский.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ СТЕНЫ

Учебное пособие

Самара 1995

УДК 621.436-41/-44-503.57:681.325.5-181-4

Автоматизированные автомобильные стенды: Учеб.
пособие /Н.А.К ш и я к и н, В.П.Ч е р в и н с -
к и й. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1995.
45 с.

ISBN 5-230-16973-7

Приведены сведения об устройстве, принципах рабо-
ты, а также параметры стендов, используемых при техни-
ческом диагностировании автомобилей.

Предназначено для студентов радиотехнического фа-
культета, специализирующихся по автомобильной элект-
ронике. Подготовлено на кафедре "Электротехника".
Ил. 12. Табл. 6. Бюблмогр.: 7 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Самарского государственного аэрокосмического универси-
тета имени академика С.П.Королёва

Рецензенты: В.А.Г л а з у н о в, С.В.Л у к а ч е в,
В.В.П а н и я

ISBN 5-230-16973-7



Самарский государственный
аэрокосмический
университет, 1995

ВВЕДЕНИЕ

Традиционные способы улучшения рабочих характеристик автомобилей, основанные на совершенствовании механических узлов и использовании новых материалов в условиях рынка и конкуренции, даст незначительный эффект по сравнению со способами, использующими электронику. Экономия топлива, экологические показатели и повышение безопасности движения достигаются относительно просто за счет применения электроники, на основе которой создаются автоматизированные системы управления двигателем, бортовые компьютерные системы контроля технического состояния автомобиля и окружающей среды.

Главным направлением по развитию автомобильной промышленности разработана программа, предусматривающая оснащение автотранспортных средств базовыми многофункциональными системами управления двигателем, бесконтактными системами зажигания повышенной энергии, антиблокировочными тормозами и противобуксовочными системами, системами предупреждения столкновений и наездов, системами управления полвеской автомобилей, а также освоение бортовых информационно-диагностических комплексов для контроля за работоспособностью систем.

В пособии рассматривается устройство, принципы работы, технические характеристики автоматизированных автомобильных стендов.

1. АВТОМОБИЛЬНЫЕ СЕНДЛ

1.1. Требования к техническому диагностированию автомобилей

Задачами диагностирования являются: определение технического состояния (исправное или неисправное), поиск и локализация места отказа или неисправности; прогнозирование остаточного ресурса или вероятности безотказной работы на задаваемых интервалах наработки (пробега).

Оптимальным решением этих задач является проведение работ по диагностическому обеспечению на всех стадиях — от разработки до списания. Диагностическое обеспечение — комплекс взаимосвязанных методов, нормативов, технических и программных средств, процессов, систем метрологического обеспечения используемых методов и средств диагностирования, отраженных в технической документации.

Объем контрольно-диагностических работ составляет 25–30% от объема работ по ТО и ремонту, процесс измерения занимает в среднем 5–10% общего времени диагностирования, остальное время затрачивается на установку и снятие датчиков, выбор нужного режима работы автомобиля и обработку результатов диагностирования. Снижение трудоемкости ТО и ремонта достигается путем повышения контролепригодности автомобилей к диагностированию на стадиях их разработки и изготовления.

Контролепригодность может быть повышена за счет удобного и простого подключения датчиков к автомобилю, выбора эффективных методов диагностирования и контроля универсальными разъемами, штуцерами, заглушками и т.д.; использования встроенных датчиков, к которым подключаются внебортовые средства диагностирования; использования бортовых систем контроля.

1.2. Классификация средств технического диагностирования

Средства технического диагностирования (СТД) автомобилей классифицируют по конструктивному исполнению, функциональному назначению, степени охвата автомобиля диагностированием, степени автоматизации, виду источника питания и другим признакам.

По конструктивному исполнению СТД подразделяются на внешние и бортовые. Бортовые системы контроля состоят из датчиков преобразователей сигналов, индикаторов и элементов коммутации, размещенных в автомобиле. Внешние СТД применяются на АТП и СТО, а в настоящее время

ранее выпущенные СТД покомплектовываются специализированной аппаратурой для диагностики автомобилей, оснащенных современными системами управления и контроля. Они подразделяются на стационарные, передвижные и переносные.

По функциональному назначению СТД классифицируют: на комплексные, служащие для диагностирования агрегатов или автомобиля в целом; на средства диагностирования двигателей и системы электрооборудования, трансмиссии, тормозных систем, рулевого управления и элементов подвески, светотехнических приборов, рабочего и специального оборудования и другим признакам.

1.3. Средства технического диагностирования автомобилей

1.3.1. Тяговые стенды

Предназначены для определения мощности и тягового усилия на ведущих колесах автомобилей, времени разгона и выбега в заданных интервалах скоростей, определения потерь мощности в трансмиссии. Они позволяют проводить прослушивание и осмотр агрегатов, а также оценивать исправность вспомогательных узлов диагностируемых автомобилей.

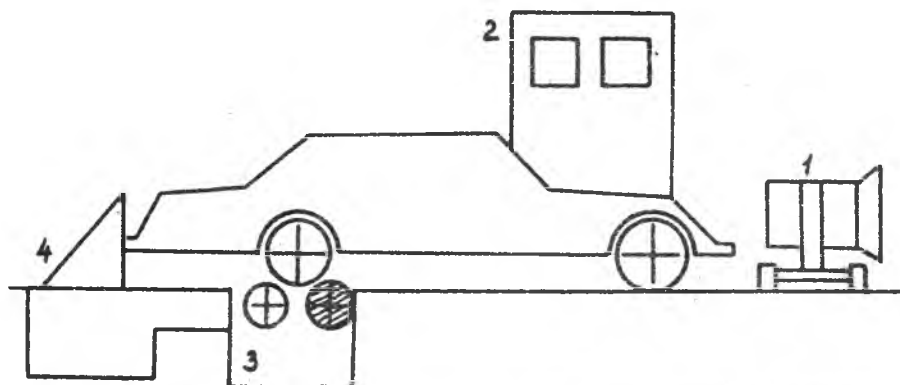
Признаками классификации тяговых стендов являются способ нагружения, тип диагностируемого автомобиля и число одновременно диагностируемых ведущих мостов автомобиля.

По способу нагружения стенды подразделяются на инерционные, силовые и инерционно-силовые. В инерционных стендах нагружение осуществляется вращающимися массами роликов элементов стенда и автомобиля; в силовых стендах — специальным тормозным устройством, кинематически связанным с роликами стенда; в инерционно-силовых — вращающимися массами и тормозным устройством одновременно.

По типу диагностируемых автомобилей различают стенды для легковых, грузовых автомобилей и автобусов. Классификационными показателями также являются измеряемое тяговое усилие (мощность), скорость на окружности роликов и нагрузка на ось автомобиля.

Устройство стендов. Рассмотрим основные функциональные элементы тяговых стендов — электронную систему сбора и обработки информации и опорные устройства. Устройства вспомогательного назначения, к числу которых можно отнести гульт управления и индикации, вентилятор обдува радиатора, устройство для отвода отработавших

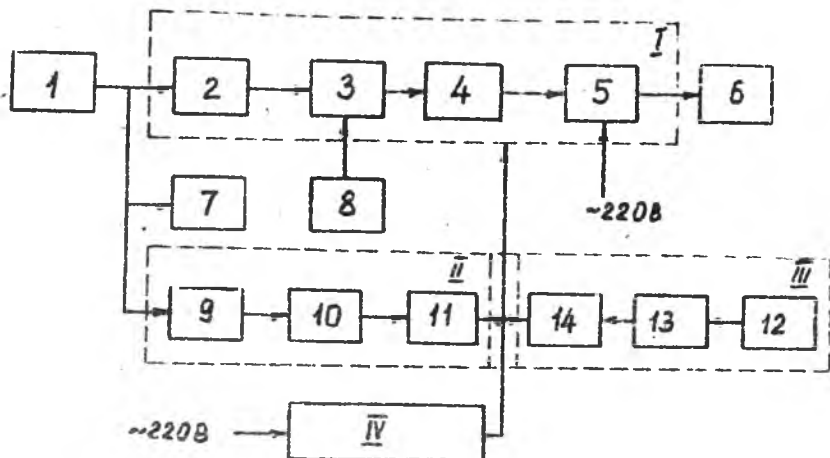
газов, пульт дистанционного управления стендом, страховочные устройства, элементы защиты и сигнализации, устройства для проверки стенда (рис. 1.1). При необходимости их нетрудно изучить самостоятельно по сопроводительной документации стендов.



Р и с. 1.1. Схема тягового стенда: 1 - вентилятор; 2 - пульт управления и индикации; 3 - барабаны опорного устройства; 4 - устройство для отвода выхлопных газов

Измерительные системы стендов в зависимости от назначения реализуются с использованием различных функциональных блоков. Так, стенд К-485, структурная схема которого приведена на рис. 1.2, содержит устройство I автоматического регулирования скорости при изменении тяговой силы, схему II измерения времени разгона и выбега, силоизмерительную систему III и блок питания IV. Стенды моделей 4817 и 4819 (рис. 1.3) содержат механическую часть I для двухосных автомобилей, дополнительный блок II роликов для трехосных автомобилей, унифицированную систему измерения и управления III, дополнительный блок IV для диагностирования автобусов.

Определение мощности, тягового усилия, времени разгона и выбега, потерь мощности в трансмиссии и регулирование скорости при проведении испытаний осуществляются измерительными системами, реализующими алгоритмы управления и измерения, которые с позиций современной элементной базы представляются устаревшими. Поэтому рассмотрим способы диагностирования автомобилей, не углубляясь в схемотехнику.

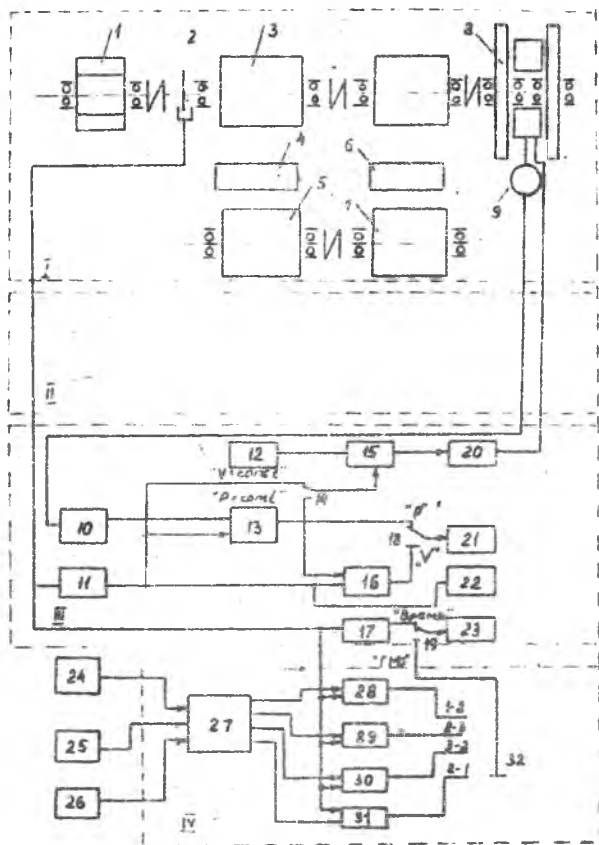


Р и с. 1.2. Блок-схема стенда К-485: 1 - устройство автоматизированного регулирования скорости; II - схема измерения времени; III - силовизмерительная система; IV - блок питания: I - тахогенератор; 2 - анализатор; 3 - сумматор; 4 - регулятор; 5 - управляемый выпрямитель; 6 - тормоз; 7 - указатель скорости; 8 - датчик скорости; 9 - контактный прибор; 10 - блок преобразования; 11 - секундомер; 12 - датчик силы; 13 - усилитель-преобразователь; 14 - стрелочный измерительный прибор

Система измерения частоты вращения роликов стенда содержит датчик, преобразователь частоты в сигнал постоянного тока и стрелочный указатель. Индуктивный датчик частоты вращения выпускается серийно - модель I43847.

Для измерения тягового усилия, пропорционального тормозному моменту, балансирно подвешенный статор нагружаемого устройства опирается рычагом на датчик, преобразующий усилие в электрический сигнал, поступающий на стрелочный указатель. Для уменьшения погрешности измерения, обусловленной механическими и вентиляционными потерями в элементах стенда, вводится корректирующая поправка, снижающая эту составляющую погрешности.

Автоматическое регулирование скорости при изменении тяговой силы осуществляется по сигналу датчика (например, тахогенератора), поступающего на вход компаратора, на второй вход которого подается



Р и с. 1.3. Блок-схема стенда 4817: 1 - механическая часть стенда для двухосных автомобилей; II - дополнительный блок роликов для трехосных автомобилей; III - унифицированная система измерения и управления; IV - дополнительный блок диагностирования ГМП автобусов; I - меховик; 2 - датчик частоты вращения; 3, 5, 7 - ролики; 4, 6 - подъемники колес; 8 - нагружающее устройство; 9 - датчик измерения тягового усилия; 10 - нормирующий преобразователь; II - преобразователь частоты вращения; 12 - функциональный преобразователь; 13 - датчик; 14 - переключатель; 15 - регулятор; 16 - блок измерения мощности; 17 - блок измерения времени; 18, 19 - переключатели; 20 - тиристорный преобразователь; 21, 22 - стрелочные указатели; 23 - цифровой указатель; 24-26 - датчики переключения ГМП; 27 - логическое устройство; 28-31 - блоки памяти; 32 - переключатель

напряжение, пропорциональное заданному значению скорости. При несопадении заданной и текущей скоростей компаратор вырабатывает сигнал рассогласования, изменяющий напряжение управляемого выпрямителя. Ток возбуждения нагружающего устройства изменяется и таким образом поддерживается заданное значение скорости.

Для измерения мощности на колесах обрабатываются два сигнала (частота вращения и тяговое усилие). Результаты измерения усилия или мощности определяют по стрелочным указателям с увеличенным диаметром шкалы (250 мм), что облегчает считывание показаний с больших расстояний (из кабины).

Мощность можно оценить и по величине ускорения автомобиля, в некоторых мотор-тестерах этот способ реализуется по схеме измерения временного интервала, формируемого компараторами нижнего и верхнего значений скоростей вращения вала при резком увеличении подачи топлива. Способы измерения временных интервалов всесторонне и глубоко рассматриваются в курсе "Измерительная техника".

В модифицированном стенде 48198 имеется блок контроля ГМП для измерения скорости в моменты переключения передач. Датчики 24-26 моментов переключения ГМП, блок управления 27 и запоминающие устройства 28-31 используются для регистрации и индикации частоты вращения вала при переключении передач (см. рис. 1.3).

1.3.2. Опорные устройства

Опорные устройства тяговых стендов состоят из блока роликов, инерционных масс (для инерционных и инерционно-силовых устройств) и нагружающего устройства. Один из двух роликов опорного устройства - рабочий, второй - свободный (холостой, поддерживающий). Рабочие ролики связаны фрикционными передачами (позволяющими изменять режимы сцепления) с маховиком, нагружающим устройством и датчиком частоты вращения. В качестве нагрузочного устройства применяется гидравлическое или "вихревое тормоза" с воздушным охлаждением (из разработанного ряда нагрузочных устройств). Маховик служит для определения потерь в трансмиссии методом выбега, а также для имитации момента инерции нагрузочного автомобиля при определении мощности по времени разгона (выбега). Основное и дополнительное опорные устройства стенда 4817 состоит из (см. рис. 1.3) рабочих 3 и поддерживающих (холостых) 5 и 7 пар роликов. Рабочие ролики связаны с маховиком 1, нагружающим устройством 2 и датчиком 4 частоты вращения. Для свободного заезда в

выезда автомобилей на стенде предусмотрены подъемники 4 и 6 колес автомобилей. Статор нагружающего устройства (с максимальным тормозным моментом 1 кН·м, модель 4817 и 2 кН·м для стенда модели 4819) опирается рычагом на датчик 9 измерителя тягового усилия.

Устройство защитных блокировок не допускает включения подъемника или переключения режима испытаний при вращающихся колесах, а также обеспечивает плавное нарастание нагрузки на колесах автомобиля при резком повороте ручки задатчика (предотвращается возможность выбрасывания автомобиля со стенда).

Для снижения нагрева и изнашивания шин во время испытаний давление в шинах ведущих колес повышают на 30-50%, шины обдуваются, а скорости испытаний снижаются. Достоверность результатов диагностирования зависят и от диаметра, материала и состояния поверхности роликов. Поэтому для тяговых стендов рекомендуются ролики диаметром 220мм на скоростях до 160 км/ч, 320 мм - до 200 км/ч, 400мм - до 230 км/ч и 510 мм - до 250 км/ч, а также бетонные ролики, более соответствующие реальным условиям эксплуатации. Технические характеристики стендов приведены в табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1.1

Технические характеристики тяговых стендов

Модель, фирма	Нагрузка оси, кН	Тип нагружающего устройства	Измеряемые параметры				Индикация			Диаметр роликов, мм
			V	N	M _{кр}	t _p /t _в	Тип устройства	V	t	
K-409 (СССР)	20	Ген	+	-	+	+	А	А	Ц	318
KI-8937	25	Элв	+	+	+	+	А	А	Ц	318*1
KI-4856	25	Дв-Ген	+	+	+	-	А	А	-	318*2
РАМ-ХИ"Сан" (США)	20	Элв	+	+	+	-	А	А	-	318
Династ-112 (ФРГ)	20	Элв	+	+	+	-	ЦФ	ЦФ	-	262
D-112 D/A-E "Хорман" (ФРГ)	20	Элв	+	+	+	-	Дис	Дис	-	262
ВЕМ 863С "Бем моллер" (Франция)	20	Элв	+	+	+	+	ЦФ	ЦФ	ЦФ	320

Примечание. Элв - электродвигатель; Дв-Ген - Двигатель-Генератор; V - скорость автомобиля; N - мощность; M_{кр} - крутящий момент или тяговая сила; t_p, t_в - время разгона (выбега); индикация: А - аналоговая, ЦФ - цифровая, Дис - дисплей. Дополнительно измеряются: *1 - частота вращения коленчатого вала; *2 - мощность потерь в трансмиссии.

В тяговых стендах применяются гидравлические и электродинамические индукторные нагрузочные устройства. Индуктор электродинамического тормоза состоит из корпуса, стальных полюсов с полюсными наконечниками, обмоток возбуждения и картера тормоза. Корпус индуктора является и корпусом всего тормоза, а возникающий на корпусе тормозной момент передается на измерительную схему. Обычно в индукторе восемь полюсов, рабочий зазор (1-3 мм) между полюсами индуктора и якорями регулируется набором стальных кольцевых прокладок.

Пульт управления и индикации обслуживается оператором (и с рабочего места водителя) и позволяет автоматически поддерживать задаваемые скорости и нагрузки, измерение параметров (всех или отдельных), приведенных в табл. I.2, а также в режиме диагностирования, задаваемым ЭВМ.

Т а б л и ц а I.2

Параметры, измеряемые на тяговых стендах, и их погрешности

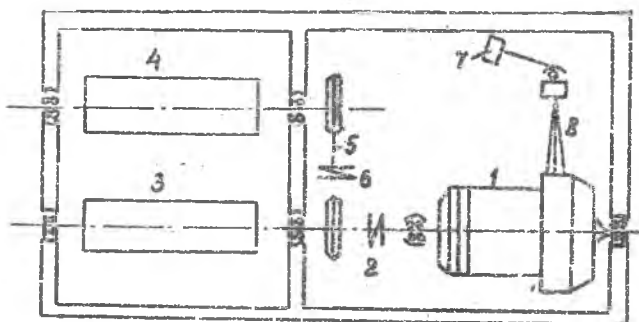
Наименование диагностического параметра	Приведенная погрешность, %		
	инерционных	силовых	инерционно-силовых
Мощность на ведущих колесах	±3,0	±3,0	±0,3
Крутящий момент или тяговое усилие на ведущих колесах	- * -	±2,0	±2,0
Линейная скорость роликов	±2,0	±2,0	±2,0
Расход топлива	±2,0	±2,0	±2,0
Эффективная мощность двигателя	±1,0	±1,0	±4,0
Момент сопротивления или сопротивление вращению колес и трансмиссии	- * -	±2,0	±2,0
Время или путь разгона (выбега)	±1,0	- * -	±1,0
Ускорение (замедление) при разгоне (выбеге)	±3,0	- * -	- * -
Частота вращения коленчатого вала	- * -	±2,0	±2,0
Линейная скорость на окружности роликов при переключении гидромеханической передачи	±2,0	±2,0	±2,0

1.3.3. Тормозные стенды

Для оценки технического состояния тормозных систем используются роликовые (барабанные) стенды, основанные на силовом методе диагностирования. Силовой метод позволяет определить тормозные силы каждого колеса при задаваемом усилии на тормозной педали, измерять время срабатывания тормозного привода, оценивать состояние тормозных барабанов и накладок.

Реже используется инерционный метод диагностирования на роликовых стендах, позволяющий определить тормозной путь по каждому колесу в отдельности, время срабатывания тормозного привода и замедление (максимальное и по каждому колесу). Но эти стенды сложны, высокая стоимость и низкая технологичность в эксплуатации являются их недостатками.

Опорное устройство силовых стендов выполняется в виде двух независимых блоков (они удобно размещаются на силовой канаве). Например, роликовый узел стенда К-208М (рис. 1.4) состоит из двух связанных между собой цепной передачей роликов, мотор-редуктора и силоизмерительного датчика. При измерении тормозной силы крутящий момент с выходного вала мотор-редуктора передается на ведущий и ведомый ролики. Реактивный момент корпуса мотор-редуктора воспринимается датчиком, сигнал которого пропорционален тормозной силе.



Р и с. 1.4. Роликовый узел стенда К-208М: 1 - мотор-редуктор; 2 - муфта; 3, 4 - ролики; 5 - цепная передача; 6 - натяжное устройство; 7 - датчик измерения усилия; 8 - рычаг

Стенд К-486 служит для определения эффективности тормозных систем автомобилей массой в снаряженном состоянии до 2000 кг и шириной колеи 1100-1500 мм. Контролируются удельная тормозная сила и осевая неравномерность тормозных сил. Стенд комплектуется опорными устройствами, приборной стойкой с пультом управления и индикации, выносным пультом управления. Он может работать в двух режимах: автоматическом (производительность 20 авт/ч) и неавтоматическом (10 авт/ч).

Ведущие ролики приводятся во вращение с постоянной (заданной) скоростью от балансирно подвешенных мотор-редукторов I (см. рис. I.4). При переключении стенда на режим измерения привод роликов стенда отключается и педалью (левомоной) задается требуемый режим усилия на педаль и включается запись результатов измерений. Реактивные моменты, возникающие при затормаживании колес, передаются на датчики усилий. Сигналы датчиков усиливаются и поступают на компараторы. Компараторы сравнивают сигналы датчиков с регламентированными значениями и, если их сумма больше опорного напряжения, то формируется сигнал "ГОДИН". Если их разность превышает заданную, то индицируется неравномерность левой или правой стороны.

Приведение результатов диагностирования к дорожным условиям осуществляется через переводные коэффициенты для тормозного пути и замедления, зависимость замедления от времени принимается линейной.

Результаты диагностирования при необходимости документируются. В стендах Мотекс-755I для этого используется тензометрическая система измерения с двухкоординатным устройством для записи значений тормозных сил по двум колесам в зависимости от силы нажатия на тормозную педаль.

I.3.4. Средства диагностирования ходовой части автомобилей

В зависимости от принципа работы стенды для проверки углов установки колес классифицируют на статические и динамические. Статические стенды классифицируются на механические, оптические, электромеханические и электрооптические. Наиболее широко применяются оптические и электрооптические стенды с лазерным излучателем, характеристики стендов приведены в табл. I.3.

Неправильная установка колес снижает срок службы шин в 1,5-2,0 раза и ухудшает управляемость автомобилем. Установку колес проверяют по углам схождения и развала, углам продольного и поперечного наклона.

Т а б л и ц а 1.3

Метрологические характеристики электрооптических стендов
для проверки углов установки колес автомобилей

Наименование измеряемого параметра	Модель стенда									
	К-III		ПКС-4		Мотекс-7546		Мотекс-7548		Лазер	
	диа- па- зон	пог- реш- ность	диа- па- зон	пог- реш- ность	диа- па- зон	пог- реш- ность	диа- па- зон	пог- реш- ность	диа- па- зон	пог- реш- ность
Схождение колес	0-30 мм	+0,5 мм	0-30 мм	+0,5 мм	0-30 мм	+0,5 мм	0-30 мм	+0,5 мм	$\pm 5^{\circ}$	$\pm 5'$
Развал колес	$\pm 15^{\circ}$	$\pm 15'$	$\pm 5^{\circ}$	$\pm 15'$	$\pm 5^{\circ}$	$\pm 10'$	$\pm 5^{\circ}$	$\pm 10'$	$\pm 5^{\circ}$ $\pm 8^{\circ}$	$\pm 5'$
Продольный на- клон оси пово- рота колеса	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 15'$	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 15'$	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 10'$	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 10'$	$\pm 12^{\circ}$ $\pm 8^{\circ}$	$\pm 15'$
Поперечный на- клон оси пово- рота колеса	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 15'$	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 15'$	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 10'$	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 10'$	$\pm 12^{\circ}$	$\pm 15'$
Максимальный угол поворота колеса	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 0,5^{\circ}$	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 0,5^{\circ}$	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 20'$	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 20'$	$\pm 20^{\circ}$	$\pm 15'$
Перекас моста (мостов)									$\pm 13^{\circ}$	$\pm 5'$
Параллельное относительное смещение мостов			0-20 мм	+0,5 мм	0-20 мм	+0,5 мм	0-20 мм	+0,5 мм	200 мм	+3 мм

на оси поворота управляемых колес, по соотношению (разности) углов развала правого и левого управляемых колес и соотношению углов поворота. Перекас и параллельное относительное смещение мостов, возникшие из-за технологических допусков на изготовление, динамических и статических нагрузок при эксплуатации автомобиля, а также в результате аварий и столкновений влияют на расход топлива, устойчивость шин и элементов привода колес и ухудшают управляемость автомобиля. Боковое смещение мостов увеличивает сопротивление качению автомобиля и потери мощности в ходовой части примерно на 10-12%, мощность потерь возрастает (до 30% и более).

2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ

2.1. Классификация и анализ методов измерения мощности

Мощность — отношение количества работы A ко времени t , в течение которого она совершается:

$$N = A/t, \quad 1 \text{ л.с.} = 0,735 \text{ кВт.}$$

Работа газов в цилиндрах двигателя в единицу времени называется индикаторной мощностью. Часть ее (20–30%) затрачивается на привод вспомогательных узлов двигателя и трение. Эту составляющую мощности называют мощностью механических потерь. Разность между индикаторной мощностью и мощностью механических потерь называют эффективной мощностью, которая затрачивается на полезную работу.

Методы измерения мощности классифицируются на прямые и косвенные. Классификация, отличительным признаком которой являются и типы используемых датчиков, приведена в работе [1], где методы измерения мощности подразделены на тормозные, бестормозные, комбинированные, специальные, бесконтактные.

В тормозных методах измерения мощности используются тормозно-нагружающие устройства механические; индукционные; гидравлические и двигатели постоянного тока. Тормозные методы испытания двигателей характеризуются высокой точностью, зависящей от типа применяемого тормозного оборудования, и проводятся в стационарных условиях.

В полевых условиях (в частности, при диагностировании машины с/х назначения) перспективны установки с аэродинамическим торможением, в которых энергия двигателя используется для привода вентилятора. Такие установки не требуют для своей работы электроэнергии и воды, просты в эксплуатации, легко регулируется нагрузка, относительно дешевы.

Бестормозные методы определения параметров автомобилей основаны на измерении параметров, функционально связанных с мощностью, например, величины хода рейки топливного насоса; значения задрессингованного давления; угловой скорости вращения и ускорения коленчатого вала. Эти параметры относительно просто измеряются даже в эксплуатационных условиях и могут быть использованы для бортовых систем сбора информации.

Наиболее просто реализуемый и широко практически используемый бестормозной метод измерения мощности основан на сплеме углового усе-

корения коленчатого вала в режиме свободного разгона путем резкого увеличения частоты вращения коленчатого вала с минимально устойчивой до максимальной. Чем больше мощность, тем больше угловое ускорение и, следовательно, временной интервал, в течение которого двигатель набирает обороты, близкие к номинальным.

Способ измерения мощности, используемый в некоторых мотор-тестерах, основан на выключении одного или нескольких цилиндров двигателя, механические потери в которых являются нагрузкой для работающих цилиндров. Способ прост, нетрудоемок, легко реализуется, однако необходимо знать номинальную мощность и частоту вращения коленчатого вала при работе в таком режиме, а также и коэффициент пропорциональности, который определяется для каждого типа двигателя экспериментально. Недостатком этих методов является относительно низкая точность.

Комбинированные (парциальные) методы сочетают достоинства тормозных и безтормозных методов и осуществляются путем отключения части цилиндров и догрузки работающих цилиндров тормозными устройствами малой мощности. Тормозной и парциальный методы обладают большей точностью в сравнении с бестормозными (погрешность менее 3-4%).

Специальные (косвенные) методы измерения реализуют пиковое или аналоговое преобразование нескольких измеряемых параметров, например, крутящего момента или давления (разрежения) во впускном патрубке автомобиля и частоты вращения коленчатого вала, пульсаций давления и температуры выхлопных газов, виброакустических полей автомобиля, угла закручивания вала и др.

Связь мощности и факторов, определяющих ее, может быть выражена различными аналитическими зависимостями, пользуясь которыми можно рассмотреть возможность технической реализации и оценить эффективность различных алгоритмов измерения. Так, мощность может быть определена по формуле

$$N = K \cdot M_{кр} \cdot n$$

или

$$N = K \cdot c \cdot \varphi \cdot n,$$

где K — коэффициент пропорциональности; $M_{кр}$ — крутящий момент;

n — частота вращения вала; c — жесткость торсионного вала; φ — угол поворота сечения вала.

Предполагая, что угол поворота линейно связан с приложенной нагрузкой, получим

$$N = K \cdot W \cdot \tau \cdot n \quad \text{при} \quad M_{кр} = W \cdot \tau, \quad (2)$$

где W — момент сопротивления; τ — напряжение в поверхностном слое материала.

Известны бортовые измерители мощности, в которых при постоянном моменте сопротивления W регистрируется зависящее от приложенной нагрузки напряжение τ .

При $M_{кр} = C_{\varphi} \cdot w$ мощность можно выразить в виде

$$N = K \cdot C_{\varphi} \cdot w, \quad (3)$$

где C_{φ} — коэффициент сопротивления вращению; w — угловая частота вращения вала.

В соответствии с (3) реализуются измерители мощности, действие которых основано на зависимости момента от угловой частоты вращения при известном C_{φ} .

Индикаторный крутящий момент двигателя в динамических режимах определяется выражением [2]

$$M_i = M_m + J \cdot dw/dt,$$

где M_i — индикаторный крутящий момент двигателя, Н·м; M_m — момент механических потерь, Н·м; J — приведенный момент инерции двигателя, Н·м·с²; dw/dt — угловое ускорение коленчатого вала, рад/с².

Из уравнения моментов можно получить уравнение мощности

$$N_e = [(M_e - M_m)w] \cdot 0,001 = 0,001 \cdot J \cdot w \cdot dw/dt; \quad (4)$$

учитывая, что приведенный момент инерции данного двигателя приблизительно постоянная величина, по изменению углового ускорения можно определить эффективную мощность двигателя, но эта зависимость нелинейна.

Основой косвенных методов определения мощности по крутящему моменту и частоте вращения вала являются зависимости

$$\eta = M_{кр} \cdot n \quad \text{при} \quad M_{кр} = P \cdot \xi, \quad N = P \cdot \xi \cdot n, \quad (5)$$

где l - длина плеча; P - сила.

На основе (5) реализуются несколько видов стационарных измерителей мощности; балансирные, в которых крутящий момент передается силой P , действующей на расстоянии l ; трансмиссионные, в которых нагрузка, передаваемая трансмиссией, измеряется силой и длиной плеча и механофрикционные, в которых момент сопротивления вращению создается силой на известном радиусе.

2.2. Средства диагностирования двигателей.

Мотор-тестеры

Средства диагностирования двигателей классифицируют по области применения - на СТО бензиновых и дизельных двигателей; по типу - на стационарные, переносные и передвижные; по виду источника питания - от внешней сети и аккумулятора; по типу индикации; по назначению - на СТО электрооборудования, системы питания, газоанализаторы и т.д.; по исполнению - на СТО механические, электрические, пневматические, электронные и др.

Мотор-тестеры являются относительно недорогими, компактными и легко перемещаемыми средствами диагностирования, обеспечивающими поиск и локализацию основной массы отказов и неисправностей двигателей, на долю которых приходится до 40% отказов автомобилей, а на долю электрооборудования до 50% всех отказов двигателей. Они позволяют также диагностировать систему питания, цилиндропоршневую группу и другие узлы и механизмы двигателя. Для этого они доукомплектовываются расходомерами топлива, газоанализаторами, мановакуумметрами.

Состояние узлов автомобиля выявляется обработкой результатов измерений величин, косвенно их характеризующих. Так, большинством мотор-тестеров измеряются: температура в диапазоне $0-100^{\circ}\text{C}$; напряжение в диапазоне $0-20$ В; высокое напряжение $0-20$ кВ; частота пульсаций напряжения генератора в диапазоне $800-6666$ Гц; относительная величина угла замкнутого состояния контактов прерывателя в диапазоне $0-99,9^{\circ}$; величина асинхронизма искрообразования и угла распределения подачи импульсов на свечи зажигания в диапазоне $0-100^{\circ}$; содержание CO в диапазоне $0-10\%$; величина емкости конденсатора в диапазоне $0,1-1$ мкФ (или $40-100\%$ для диапазона емкостей $0,1-0,35$ мкФ); сопротивление изоляции в диапазоне $0-99,9$ кОм [3].

В комплект диагностической аппаратуры включаются: осциллоскоп, частотметр; аналоговые или гидровые измерители частоты и временных интервалов; мановакуумметр; газоанализатор и т.д. В частности, мотор-тестер Элкон Ш-300, предназначенный для диагностирования 2-, 4-, 6- и 8-цилиндровых бензиновых двигателей (с прибором Элкон ШД-302 диагностируются дизельные двигатели), комплектуется газоанализатором Элкон Ш-305, соединительным кабелем для испытания зажигания, токоизмерительным зажимом, измерительным кабелем для снятия вольт-амперных характеристик, стробоскопическим устройством, контрольной форсункой, соединительным элементом цилиндра, соединительным (быстродействующим) элементом для подачи сжатого воздуха, ручным воздушным насосом для создания разрежения, комбинированным зажимом, прямой и Т-образной вставкой, фонендоскопом, двумя вакуумными трубками, кабелем для подключения к сети.

Диагностирование цепей питания осуществляется в статике и в режиме пуска двигателя. Падение напряжения на аккумуляторе, напряжение и частота пульсаций на выходе генератора без нагрузки и под нагрузкой являются информационными параметрами, позволяющими диагностировать аккумулятор, генератор (выявить неисправный диод, определить состояние реле-регулятора, коэффициент проскальзывания ремня), а также оценить состояние цилиндро-поршневой группы [4].

Диагностирование системы зажигания заключается в проверке параметров катушки зажигания; измерения угла замкнутого состояния контактов прерывателя, начального угла опережения зажигания; контроле состояния вакуумного и центробежного регуляторов опережения зажигания; падения напряжения на контактах распределителя, напряжения во вторичной цепи и качества конденсатора. Кроме того, оценивается и регулируется карбюратор, проверяется усилительный насос. Техническое состояние отдельных цилиндров определяется путем их отключения и измерения частоты вращения коленчатого вала.

Угол опережения зажигания измеряется на основе стробоскопического эффекта. Для этого мотор-тестеры комплектуются датчиком тока, стробоскопом, датчиками первого цилиндра и высокого напряжения. Залуск стробоскопа осуществляется от датчика первого цилиндра в момент разрыва контактов прерывателя через регулируемый элемент задержки (мультивибратор), при работе стробоскопа без задержки вспышка лампы происходит в момент появления искры на первом цилиндре.

Мотор-тестер Палтест ИТ-254 (ЧССР), позволяет диагностировать цепи питания (аккумуляторную батарею, генератор, реле-регулятор), систему зажигания (классического и транзисторного типов), систему питания, производить относительную оценку технического состояния отдельных цилиндров двигателя.

Рассмотрим подробнее блок-схему автотестера К-484, предназначенного для проверки технического состояния системы электроснабжения и оценки качества работы цилиндров карбюраторных двигателей [1]. Автотестер комплектуется датчиком тока, стробоскопом, датчиками первого цилиндра и высокого напряжения, выводами типа "крокодил" для подключения к аккумуляторной батарее диагностируемого автомобиля и выводами для измерения сопротивлений, напряжения, частоты вращения и т.д.

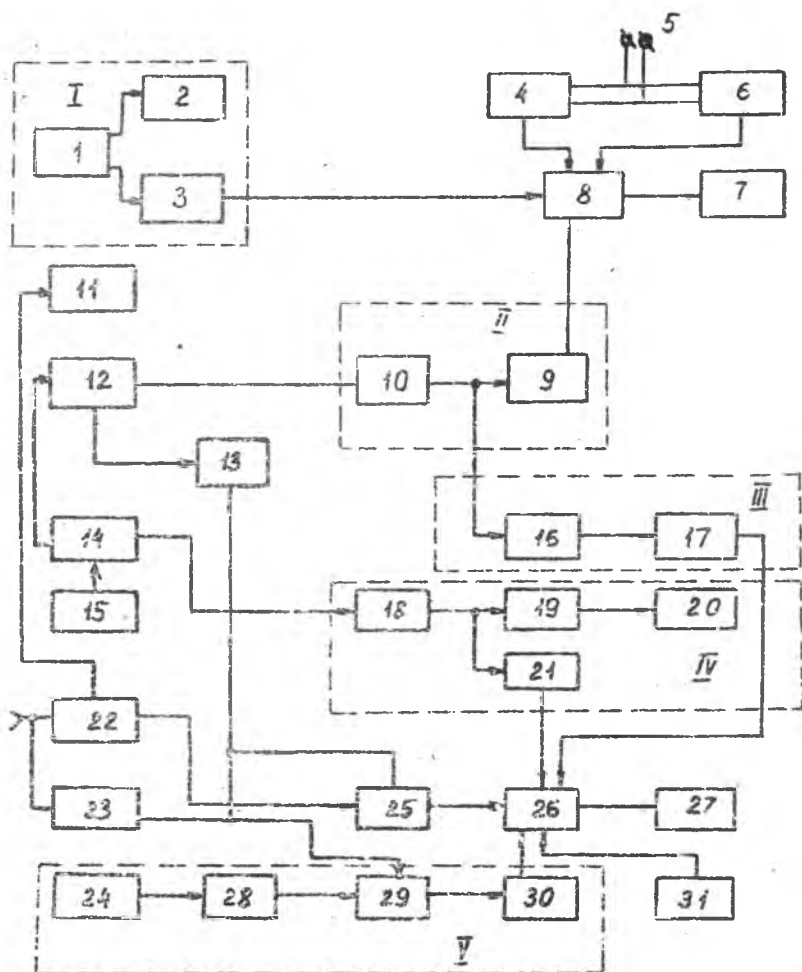
Блок-схема прибора приведена на рис. 2.1, где обозначено: I - вольтметр, амперметр, омметр; II - тахометр; III - измеритель эффективности работы цилиндров; IV - измеритель углов опережения зажигания и замкнутого состояния контактов; V - киловольтметр и измеритель емкости.

Автотестер подключается к диагностируемому автомобилю прилагаясь к нему кабелями, которые вставляются в соответствующие гнезда на щитке тестера и в зависимости от назначения подключаются к корпусу двигателя для измерения температуры, датчику верхней мертвой точки, генератору переменного напряжения, аккумуляторной батарее, проводами высокого напряжения подключаются к катушке и распределителю зажигания (первого цилиндра).

Схема измерения тока состоит из накладного датчика I, стабилизатора тока 2, усилителя 3 и индикатора 7. Для измерения частоты вращения вала служат блоки 7, 9, 10, а блоки 4, 6 - для измерения сопротивления и емкости соответственно.

Эффективность работы цилиндров проверяется путем измерения сжатия частоты вращения коленчатого вала при поочередном отключении каждого цилиндра, для этого служат формирователь 22 и коммутатор 10. Выбор отключаемого цилиндра производится переключателем 13.

Для измерения изменения частоты вращения коленчатого вала при отключении цилиндров сигнал с формирователя импульсов 10 преобразуется в постоянное напряжение в блоке 16, поступающее через разделительный конденсатор (при нажатой кнопке "Δ") на усилитель 17, переключатель 26 и индикатор 27, показания которого пропорциональны изменению частоты вращения коленчатого вала.



Р и с. 2.1. Блок-схема автотестера К-464: I - датчик тока; 2 - стабилизатор тока; 3, 9, 17, 21 - усилители; 4 - омметр; 5 - зажимы; 6 - измеритель емкости; 7 - индикатор; 8, 11, 13, 26 - переключатели; 10, 19 - тормозная импульсы; 12 - коммутатор; 14 - формирователь импульсов I-го цилиндра; 15 - датчик импульсов; 15 - преобразователь; 16 - мультипликатор; 20 - осветитель; 22 - формирователь импульсов прерывателя; 23 - электронный ключ; 24 - датчик напряжения; 25 - измеритель УРСК; 27 - измерительный прибор; 28 - аттенуатор; 29 - схема селекции; 30 - пиковый детектор; 31 - вольтметр

Угол опережения зажигания измеряется с помощью формирователя I4, мультивибратора I8 (жидкий мультивибратор с регулируемой длительностью импульса), импульсы мультивибратора поступают на усилитель 2I, переключатель 26 и измерительный прибор 27.

Формирователь I9 по спаду импульса мультивибратора I8 генерирует короткие импульсы, поступающие на схему запуска стробоскопа, вспышки осветителя 20 позволяет контролировать положение контрольных меток.

Угол замкнутого состояния контактов измеряется по величине среднего значения напряжения (например, на контактах прерывателя) за один оборот вала, для этого служат блоки 22, 25 и прибор 27.

Для измерения высокого напряжения используется бесконтактный датчик 24, аттенюатор 28, схема селекции цилиндра 29, пиковый детектор 30 и показывающий прибор 27.

Как уже отмечалось, мотор-тестеры предназначены для качественной оценки параметров двигателей. Комплексное диагностирование и прогноз остаточного ресурса осуществляются на стационарных стендах. Например, стенд КИ-13940 обеспечивает измерение диагностических параметров, обработку и сравнение их с нормативными значениями, определение остаточного ресурса по результатам индивидуального прогнозирования. Стенд позволяет измерять по 2I физической величины (номенклатура диагностических параметров шире): давление и расход жидкости; расход, давление и разрежение газов; линейные и угловые перемещения; температуру; параметры бортовой сети (тока, напряжения, сопротивления) и т.д. Результаты измерений выдаются на цифровых индикаторах и регистрируются ЦПУ.

2.3. Тормозные методы

2.3.1. Механические устройства для измерения мощности

Механические устройства для измерения мощности, отличаясь большим конструктивным разнообразием, реализуют установленные связи между моментом на валу и некоторыми параметрами, например, деформацией упругих элементов пластин, торсионных валов, полумуфт и т.д. По принципу работы все тормозные устройства можно классифицировать на подгруппы: механические и электрические тормоза, аэродинамические устройства и привошные двигатели.

Механические тормозно динамометры устарели. Нестабильность тормозного момента, малая мощность, быстрый износ, затрудненный отвод тепла - их труднопреодолимые недостатки. Аэродинамические динамометры используются для измерения малых мощностей и авиаквитателей.

2.3.2. Индукторные тормоза

Индукторные тормоза - устройства, поглощающие энергию ДВС преобразующие ее в тепловую энергию, образующуюся в результате нагрева вихревыми токами конструктивных элементов тормоза, охлаждаемых жидкостью.

Поглощаемая мощность согласно формуле (I)

$$N_T = 4,026 \cdot M_{кр} \cdot n / 10^3,$$

где $M_{кр}$ - крутящий момент, Н·м; n - частота вращения, 1/мин.

Она выражается через показания весов, измеряющих момент ротора, по формуле

$$N_T = n \cdot W \cdot l / 973,8,$$

где l - длина плеча динамометра; W - показания весов, кг.

Индукторные тормоза применяют для следующих целей:

при изучении эксплуатационных показателей ДВС;

при испытании на надежность узлов и агрегатов (при ускоренных ресурсных испытаниях);

при испытании на долговечность двигателя (гильзо-поршневой группы, механизма газораспределения и т.д.);

при снятии характеристик электродвигателей.

Индукторные тормоза изготавливаются на мощность до 1500-2300кВт. Регулирование тормозного момента осуществляется изменением тока возбуждения. Мощность, расходуемая на возбуждение, составляет 0,5-1,0% мощности, поглощаемой тормозом.

Для испытания двигателей широко используются индукторные тормоза (Эддик-динамометры), изготавливаемые в Японии. Они выпускаются в двух вариантах: стандартного и высокоскоростного типа (Эддик-супердинамометры). Обмотка возбуждения создает магнитный поток, во вращающемся роторе возникают вихревые токи, выделяющееся тепло уносится проточной водой, которая подводится обычно из водопровода. В Эддик-супердинамометрах водой охлаждается только статор, а ротор охла-

дается потоком воздуха (в высокоскоростных – вода оказывает слишком большое сопротивление вращению ротора).

Система управления реализует 3 вида регулирования: током, скоростью и бустерное. Пульт устанавливается вне зоны контроля и позволяет подключать дистанционное и программное управление. Регулирование тока возбуждения осуществляется независимо от частоты вращения, как при ручном управлении. Бустерное управление осуществляется путем регулирования нагрузки двигателя, изменяя нагрузочные сопротивления. Выдержка заданного значения нагрузки обеспечивается с погрешностью $\pm 1,0\%$ и менее в широком диапазоне скоростей.

Динамометры используют при заводских испытаниях двигателей мощностью от 2 до 750 кВт с частотой вращения вала от 1500 до 15000 об/мин и в АТН при периодических эксплуатационных и ресурсных испытаниях. Обычно они конструктивно приспособлены для торможения двигателей без их демонтажа.

Недостатки: при постоянном токе возбуждения тормозной момент не зависит от частоты вращения, что приводит к неустойчивой работе испытуемого двигателя, и требуются регулировка потока возбуждения, значительный расход воды.

2.3.3. Тормозные стенды с балансирными машинами постоянного тока

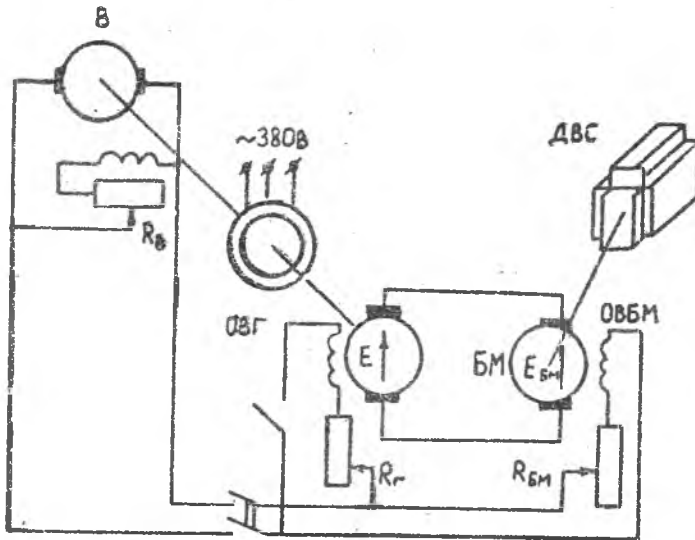
Технические характеристики тормозных установок МПБ (машина постоянного тока балансирная) приведены в табл. 2.1. Цифры указывают крутящий момент в режиме двигатель/генератор.

Таблица 2.1

Технические данные тормозных установок МПБ с балансирными машинами

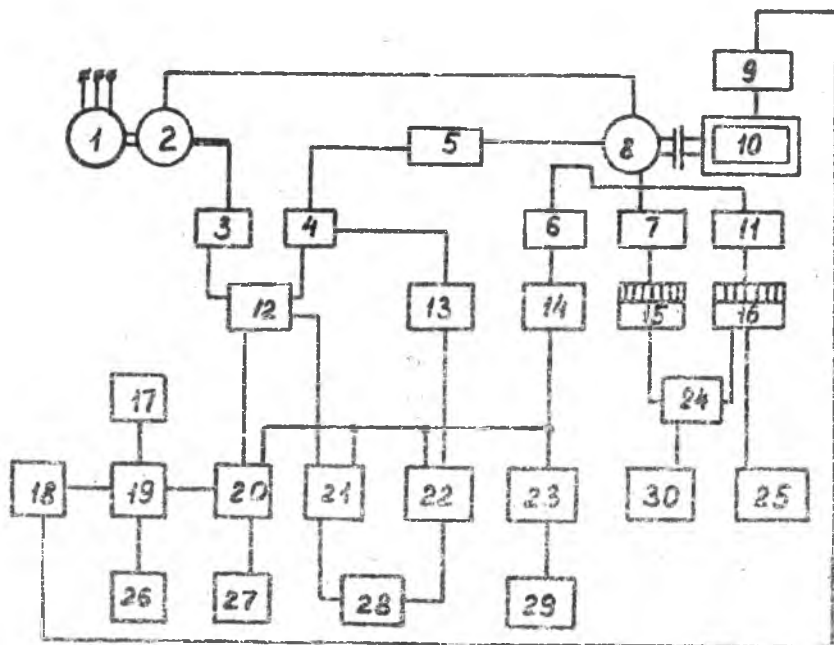
Режимы							
Двигателя			Генератора				
Тип машины	Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота, 1/мин	Предельная частота, 1/мин	Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота, 1/мин
МПБ 24.5/14	21	220	2700	6500	25	230	3000
МПБ 24.5/22	21	220	1250	4500	25	230	1500
МПБ 24.5/22	45	440	2750	6500	50	460	3200
МПБ 28/26	43	220	1350	3500	50	230	1500
МПБ 28/26	89	440	3100	6000	100	460	3400

Р е ж и м ы							
Двигателя				Генератора			
Тип машины	Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота, I/мин	Предельная частота, I/мин	Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота, I/мин
МПБ 32.7/28	87	440	1500	3500	100	460	1700
МПБ 42.3/30	177	440	1500	4500	200	460	1700
МПБ 49.3/30	354	540	1850	4000	400	600	2100
МПБ 55/34	600	530	2100	3000	800	700	3000



Р и с. 2.2. Принципиальная электрическая схема тормоза и установки МПБ постоянного тока

На рис.2.2. приведена принципиальная электрическая схема тормоза и установки МПБ постоянного тока, а на рис. 2.3 – его структурная схема. Для всесторонних испытаний двигателей тормоз на установке МПБ могут работать в двух режимах: в режиме двигателя (испытываемый ДВС явля-



Р и с. 2.3. Структурная схема тормозного стенда SAK-N670: 1 - трехфазный электродвигатель; 2 - генератор - двигательный орган реостатного торможения; 3 - датчик частоты вращения; 4 - исполнительный орган реостатного торможения; 5 - датчик тока возбуждения; 6 - датчик частоты вращения; 7 - устройство измерения крутящего момента и АИП; 8 - установка "двигатель-генератор"; 9 - исполнительный орган нагрузки; 10 - испытуемый объект; 11 - импульсный датчик $f_{\text{зр}}$; 12 - переключатель ручного и автоматического управления частотой вращения; 13 - переключатель реостатного торможения; 14 - блок контроля частоты вращения; 15 - цифровой счетчик для измерения крутящего момента; 16 - цифровой счетчик для измерения частоты вращения; 17 - предварительная установка времени испытания; 18 - выбор нагрузки; 19 - система программного управления; 20 - регулятор частоты вращения; 21 - блок ручного управления; 22 - блок реостатного торможения; 23 - реостат; 24 - преобразователь; 25 - тактовый генератор; 26 - задание частоты вращения "генератор-двигатель"; 27 - задание частоты вращения "двигатель-генератор"; 28 - установка частоты вращения; 29 - выбор нагрузки; 30 - АИП

ется нагрузкой) и в реверсивном режиме (является нагрузкой для ЭС, установка преобразует энергию ЭС в электрическую или в тепловую).

В базовом исполнении станок содержит все функциональные элементы, необходимые для испытания двигателей – преобразователь Леонарда (асинхронный двигатель и генератор постоянного тока), балансируемую машину постоянного тока с приборами для измерения M_s и токогенератор постоянного тока. Балансирная машина механически соединяется с испытуемым двигателем. Агрегат питания и рекуперации – асинхронный двигатель и генератор постоянного тока (Г). На одном валу с асинхронным двигателем установлен возбудитель В для питания обмоток возбуждения генератора и балансирующей машины. Генератор и балансирующая машина (Б) соединены кабелем. Технические характеристики (некоторых) балансирующих машин станка SAK-W670 приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Технические характеристики балансирующих машин
постоянного тока станка типа SAK-W670

Тип станка	Номинальная мощность, кВт		Частота вращения якоря, 1/мин			Диапазон шкалы весов, кг	$P_{порт}$, кВт
	в этом		мин	ном	макс		
	генератора	балансирующей					
2,5-1500	2,5	2,0	150	1500	3000	0-2,5	10
7-4000	7,0	6,0	400	4000	6000	0-2,65	17
20-1500	30,0	17,5	150	1500	3000	0-20	47
50-4000	50,0	45,0	400	4000	6000	0-20	92
100-3000	100,0	89,0	300	3000	4500	0-50	187
150-3000	150,0	140,0	300	3000	3000	0-100	225
250-1500	250,0	232,0	150	1500	1500	0-200	340
250-3000	250,0	232,0	300	3000	3000	0-100	340

В качестве балансирующей машины в SAK-W670 используют электрическую машину постоянного тока независимого возбуждения с принудительной вентиляцией, ее можно нагружать большим крутящим моментом при малых частотах вращения. Плавное регулирование частоты вращения якоря БМ до номинальной величины осуществляется в диапазоне 1:10. В некоторых вариантах исполнения станка диапазон регулирования увеличен до 1:15 – путем ослабления поля возбуждения БМ.

Для измерения момента статор балансирующей машины установлен на подшипниках, а угол доворота ограничен упорами. При постоянных токах

возбуждения и нагрузки $M_{\text{торм}}$ пропорционален частоте вращения. Область режимов работы электрогенераторов ограничивается внешней характеристикой, определяющей зависимость наибольшей мощности и наибольшего крутящего момента от частоты вращения.

Внешняя характеристика тормоза приведена на рис. 2.4.

Участок OA соответствует режиму максимального тока в якоре (при увеличении напряжения пропорционально частоте вращения). Участок CD характеризуется постоянством максимального крутящего момента. Линия AB ограничивает мощность по допустимому нагреву.

Мощность балансирной машины определяется путем измерения реактивного момента, возникающего на статоре. Реактивный момент на статоре равен моменту, приложенному к ротору, а мощность вычисляется по формуле

$$N = K \cdot P \cdot n,$$

где K — коэффициент тормоза; P — нагрузка, Н; n — частота вращения, 1/с.

Мощность электродвигателя, соединенного с генератором постоянно-го тока, вычисляют по показаниям амперметра и вольтметра в цепи якоря генератора. Эффективная мощность на валу электродвигателя с учетом КПД

$$N_e = U \cdot I / (10^3 \cdot \eta),$$

где U, I — напряжение и ток генератора; η — КПД генератора.

При работе в режиме "холостых" испытаний ДВС, при его обкатке или при пуске асинхронный двигатель вращает генератор с независимым возбуждением, БМ работает в режиме электродвигателя и вращает ДВС. В этом режиме ЭДС генератора больше ЭДС БМ, т.е. $E_g > E_{\text{БМ}}$.

В режиме тормозных испытаний ДВС в цепь обмотки возбуждения генератора вводится сопротивление R и ЭДС_{ген} < ЭДС БМ. Балансирная машина переходит в генераторный режим. Генератор становится электродвигателем, а асинхронный двигатель становится генератором и отдает энергию в сеть. Такой режим называют режимом рекуперативного торможения.

Мощность торможения стандар. САЗ-М670 определяется по формуле

$$N_t = N_g / \eta = N_d / \eta,$$

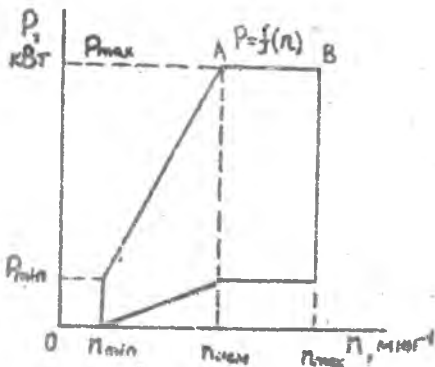
где N_g — мощность, отдаваемая в режиме генератора; N_d — мощность, отдаваемая в режиме двигателя; η — КПД машины.

Эти стенды позволяют измерять мощность непосредственно или косвенно.

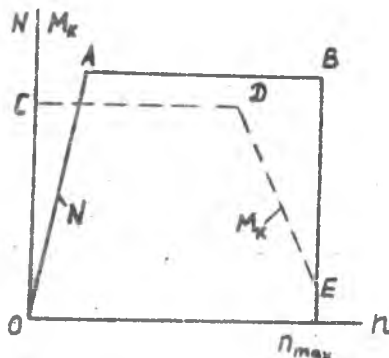
Непосредственное измерение мощности. Вал якоря электрической машины, работающей в режиме генератора, соединяют с приводом ДВС и измеряют мощность, развиваемую генератором. Для определения мощности ДВС необходимо знать КПД генератора, который зависит главным образом от частоты вращения якоря генератора, тормозного момента трения и температуры генератора. Они не постоянны, поэтому погрешность измерения равна $\pm 3\%$.

Косвенное измерение мощности. Оно удобнее первого. Измеряются крутящий момент и угловая скорость, их произведение дает мощность испытуемого двигателя. M_{np} определяют с помощью электродинамического устройства, принцип работы которого основан на взаимодействии электродинамических сил между якорем и статором.

На рис. 2.5 приведена зависимость изменения тормозной мощности БМ при различных частотах вращения вала якоря.



Р и с. 2.5. График изменения тормозной мощности БМ



Р и с. 2.4. Внешняя характеристика тормоза

Поочередными переходами из режима двигателя в режим генератора моделируется движение в горах или на склонах.

С пульта управления автоматически или вручную можно изменить поток возбуждения БМ. При программном регулировании частоты вращения это управление выполняется автоматическим, а программа изменения частот задается потенциометрическим датчиком с точным подразделением ступеней.

Стенд SA4-A670 снабжен электронным регулятором частоты вращения якоря с целью повышения точности и стабильного воспроизведения заданных параметров. Влияние элект-

рических, механических и температурных помех при работе стенда в производственных условиях практически исключено.

Для регулирования частоты вращения используется тахогенератор, напряжение которого пропорционально угловой скорости якоря БМ и сравнивается с заданной частотой, которую устанавливает с высокой точностью 10 позиционных потенциометрами. Максимальное значение $U_{\text{тг}}$ ограничено, что исключает ударные нагрузки в процессе регулирования. Магнитный усилитель мощности сигнала разоблаженного регулирует ток возбуждения генератора - преобразователя Двонаода.

Статистическая ошибка регулирования частоты вращения при номинальной нагрузке составляет $\pm 0,2\%$ номинальной частоты.

Тормозной момент, частота вращения, положение дроссельной заслонки карбюратора или рейки топливного насоса (для дизелей), а также время испытания могут задаваться потенциометром для 12 ступеней программы в каждом цикле с возможностью аналогового цикла, устанавливаемого счетчиком.

Для автоматического испытания двигателя стенд оборудован электромеханическим устройством, регулирующим положение дроссельной заслонки или рейки топливного насоса высокого давления дизеля (блоком серводвигателя PS-MD). Стенд с таким устройством позволяет испытывать двигатели в лабораторных условиях, воспроизводя соответствующие условия работы ДВС, облегчает проведение длительных (рекурсивных) испытаний.

Используется и цифровая система измерения частоты вращения и крутящего момента с телеметрической индикацией, позволяющая проводить испытания в относительно комфортных или переносных условиях.

2.3.4. Гидравлические приборы для измерения мощности

Работа гидравлического тормоза основана на сопротивлении жидкости разрыву и силам трения, возникающим между жидкостью и телом, движущимся в ней. Конструктивно гидравлический тормоз представляет собой заполненный водой кожух, в котором вращается ротор, снабженный перфорацией, штифтами и карманами.

Основными параметрами, характеризующими гидравлический тормоз, являются: тормозная мощность N_t ; тормозной момент M_t ; частота вращения; температура воды, которая пропускается через тормоз. Тормозной момент, развиваемый гидравлическим тормозом, определяется выражением

$$M_T = C \cdot \omega^2 \cdot r^2,$$

где C — коэффициент, зависящий от формы и чистоты поверхности ротора, плотности жидкости и коэффициента трения между жидкостью и рабочей поверхностью ротора и статора; ω — угловая скорость ротора; r — средний радиус рабочей поверхности ротора.

Потребляемая гидротормозом (поглощаемая) мощность

$$N_T = C \cdot \omega^3 \cdot r^2$$

при различных частотах вращения и регулировке ограничивается внешней характеристикой, приведенной на рис. 2.6.

Линия OA — соответствует максимальному заполнению водой тормоза с регулируемым наполнением или с максимальной активной поверхностью тормозов с постоянным наполнением.

Линия AB ограничивает предельно допустимый крутящий момент тормоза. Линия BC соответствует максимальной мощности, допустимой для тормоза по условию возможности отвода

тепла без превышения температуры воды. Линия CD определяет предел допустимой частоты вращения, а линия OD характеризует вентиляционные потери и потери на трение и ограничивает область нерегулируемого режима.

Характеристика гидравлического тормоза наиболее крутая по сравнению с другими тормозами (уравнение 3-й степени), т.е. устойчивость поглощения мощности наибольшая. Но они неустойчивы при больших частотах вращения и малых мощностях. Применение редуктора позволяет расширить диапазон использования гидравлического тормоза. В зависимости от конструкции проточной части гидротормоза подразделяются на типы: дисковые, штыревые, лопастные и комбинированные.

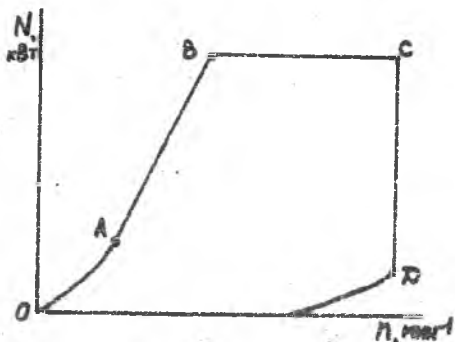


Рис. 2.6. Характеристика гидравлического тормоза

3. КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ

В рекламных материалах фирм, как правило, не приводится описания алгоритма измерения. Для понимания принципов работы автомобильных стендов рассмотрены некоторые диагностические устройства, описанные в работах [1-7], и которые можно рассматривать как поучительные примеры практических поисков решений инженерных задач, расширяющих базу знаний студентов.

Устройства для косвенного измерения мощности (являются разновидностью совокупных методов), алгоритм преобразования которых определяется в частности по формулам (1)-(5), прошли практическую проверку и в работах [1-7] приводятся ее результаты. Однако при анализе этих устройств следует помнить, что погрешность преобразования конечно зависит от алгоритма преобразования информации, но практически она определяется элементной базой и способами технической реализации функциональных зависимостей. С позиций современной элементарной базы и впроцессированных функциональных преобразователей (например, цифровых) погрешность некоторых устройств может быть значительно понижена. Таким образом, приведенные в работах [1-7] результаты следует рассматривать как оценку выбранных способов реализации, а также качества элементной базы.

Диагностические устройства, измеряющие мощность по схеме аналоговых перемножителей момента вращения и оборотов двигателя, могут быть использованы в бортовых системах контроля и для диагностики ДВС в стационарных условиях ремонтных предприятий. Момент вращения может быть измерен путем преобразования угла скручивания вала, например, во временной интервал. Для этой цели обычно используют тензопреобразователи.

Мостовые схемы с тензометрическими преобразователями. Для измерения мощности с помощью тензопреобразователей они приклеиваются на вал под углом 45° к оси и характеризуются повышенной чувствительностью, линейностью и, что очень важно, большей помехозащищенностью (по сравнению с мостовой схемой), в частности, к деформациям изгиба, а также напряжениям сжатия и растяжения вала, температуре (термосопротивление включается последовательно с мостовой схемой), малые размеры и небольшая база измерений, несложная механическая конструкция являются достоинствами такой схемы включения.

Недостаток тензометрических преобразователей в данном случае связан с необходимостью использования токосъемников для передачи низ-

коуровневого сигнала на неподвижной измерительный преобразователь, что и обуславливает плохое соотношение сигнал/шум, а следовательно, усложняется схема обработки такого сигнала.

Измерение момента на выходных валах коробок передач или аналогичных механизмов можно осуществить и по реакции их корпуса, зависящей от точек крепления коробки к неподвижным элементам механизма. Расположение точек крепления и соответствующие степени свободы выбираются так, что перемещение корпуса оказывается прямо пропорциональным измеряемому моменту [1]. Очевидный недостаток этого способа — низкая надежность, большая погрешность и сложность проверки достоверности измерений (выходной сигнал отсутствует при неподвижном положении вала).

Применение трансформаторных датчиков с обмотками типа "меандр", выполненными фотопечатным способом на боковых поверхностях дисков (редуктосины, индуктосины), позволяет повысить отношение сигнал/шум (нет токосъемников) и точность измерения M_{ap} . Статорная обмотка подключается к генератору, а фаза выходного напряжения роторной обмотки, закрепленной на торсионном валу "линейно", зависит от мгновенного значения угла закручивания вала. Такие датчики, а также способы широко применяются для измерения угловых перемещений.

Струнные преобразователи. В простейшем динамометре со струнными преобразователями на валу укрепляются два кронштейна, между которыми натягивается стальная струна. При изменении натяжения струны изменяется частота собственных колебаний, воспринимаемых электромагнитным датчиком, сигналом которого модулируется несущая частота передатчика. Они применяются в телеметрических системах сбора и обработки информации. Их недостаток — дополнительная составляющая погрешности, обусловленная ускорением объекта контроля. Однако способы компенсации центробежных сил, вызывающих основную составляющую погрешности струнных торсиометров, известны [1] и позволяют получить достаточно жесткую конструкцию упругого звена датчика, максимальный угол закручивания которого меньше $0,3-0,5^\circ$.

3.1. Телеметрические системы измерения мощности

Торсиометр, в котором устранены помехи от контактных токосъемников, разработан для телеметрической системы измерения и содержит усилитель, генератор, передатчик и кольцевую антенну, смонтированную на валу, а антенна приемника установлена на расстоянии 25-50 мм от передающей (рис. 3.1). Частота струнного датчика пропорциональна натяжению, т.е. M_{ap} .

Имеем

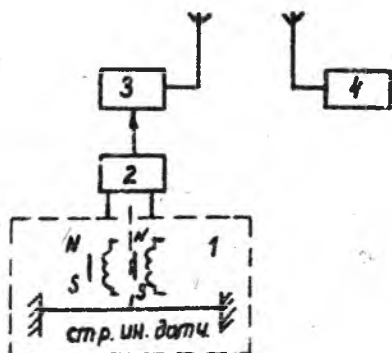
$$f^2 - f_0^2 = S \cdot E,$$

где f - частота колебаний под нагрузкой ($M_{вр} > 0$) ; f_0 - частота при $M_{вр} = 0$; S - чувствительность прибора; E - удлинение проволоки.

Момент $M_{вр}$ и мощность N , передаваемые валом, вычисляются по формулам:

$$M_{вр} = K(f - f_0);$$

$$N = K \cdot n(f - f_0).$$



Р и с. 3.1. Схема телеметрической системы измерения $M_{вр}$: 1 - струнный датчик; 2 - преобразователь (модулятор); 3 - передатчик; 4 - устройство обработки и индикации

Постоянная K зависит от чувствительности прибора, размеров вала и муфты. Средняя квадратическая погрешность торсисометра составляет 0,4%.

Фирма Vertin (Франция) серийно выпускает радиотелеметрическое устройство ЕМ-001 для измерения механических напряжений. Датчик - тензометрический мост, усиленный сигнал разбаланса которого

изменяет индуктивность катушки генератора, монтируемого на вращающемся валу. Катушка содержит ферритовый сердечник и ее индуктивность зависит от тока подмагничивания тензоэста. Частота генератора таким образом является функцией момента вращения вала, благодаря чему исключаются контактные помехи, а спектр помех от системы зажигания резко отличается от спектра передатчика. Погрешность устройства - менее 2%.

Бесконтактный реверсивный датчик крутящего момента может быть реализован на основе чувствительных к напряжениям лент из магнито-стрикционного материала. Бесконтактность обеспечивает высокую надежность даже при высокой скорости вращения. На упругом немагнитном вале из бериллиевой бронзы закрепляются на поверхности две группы полос из магнито-стрикционного материала (пермаллой), направленных встречно и под углом 45° к оси вала. Две катушки с измерительными обмотками располагаются над полосами и, следовательно, индуктивность их зависит от величины и знака вращающего момента. Погрешность - менее 1%, частота питания датчика - 1 кГц, нелинейность - 5%.

Сригинальное техническое решение описано в работе [1]. Если частота генератора является линейной функцией крутящего момента $f(m)$ и валу, то можно записать

$$M_{кр} = A \cdot f(m),$$

где A — постоянный коэффициент.

При частоте второго генератора, пропорциональной n — частоте вращения коленчатого вала,

$$n = B \cdot f(n),$$

где B — коэффициент пропорциональности.

Произведение частот генераторов пропорционально мощности $N = M_{кр} \cdot n$

Находим

$$N = K \cdot f(m) \cdot f(n) \text{ или } N = K \cdot f(m) / T(n),$$

где K — постоянный коэффициент; T — период.

Таким образом, для реализации этого алгоритма необходимо осуществить преобразование $M_{кр}$ в цифровой код и для этой цели можно воспользоваться одним из известных способов. Так можно использовать индуктивный датчик, включенный в контур автогенератора, частота которого будет определяться $M_{кр}$ и измеряться в приемнике (для исключения контактных токосъемников). Сигнал, пропорциональный $f(n)$, получается "модуляцией" несущей частоты передатчика. Антенна передатчика наматывается с переменным шагом на кольце, закрепленном на валу двигателя, благодаря этому сигнал в антенне приемника модулируется (по амплитуде, частота модуляции пропорциональна частоте вращения вала), а обработка информации в соответствии с рассмотренным алгоритмом осуществляется в бортовом устройстве.

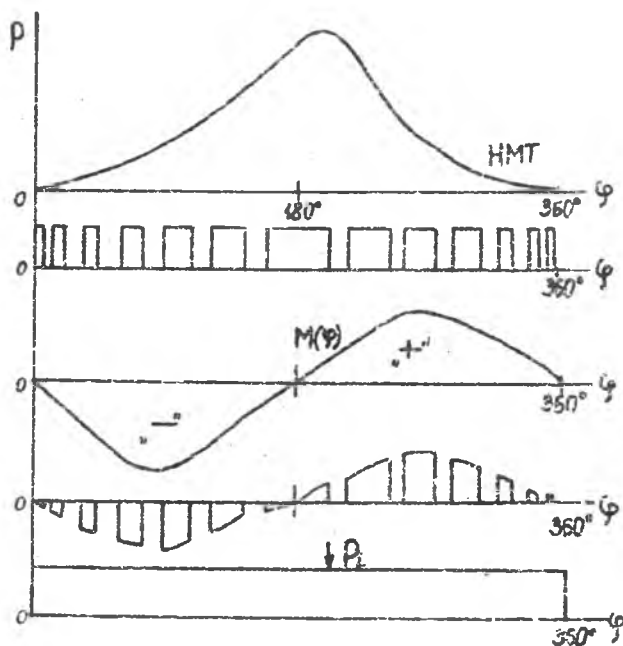
3.2. Устройства для контроля индикаторного давления и мощности

Индикаторная мощность двигателя

$$N_i = A \cdot P_i \cdot n,$$

где A — коэффициент, отражающий тактность и другие конструктивные особенности двигателя; P_i — среднее индикаторное давление, $P_i = (1/V) \int P(\varphi) \cdot dV$; V — объем цилиндра.

Для измерения индикаторного давления и индикаторной мощности ДВС могут быть предложены различные способы реализации зависимостей P_i и n . В работе [1] описано устройство, в котором преобразование осуществляется по схеме: датчик давления, широтно-импульсный модулятор (длительность импульсов пропорциональна давлению), импульсы модулятора открывают ключ (с частотой, равной числу оборотов двигателя), на вход которого подается сигнал, пропорциональный $M(\varphi)$, в результате постоянная составляющая выходного напряжения ключа пропорциональна N_i (рис. 3.2).



Р и с. 3.2. Схема преобразования индикаторного давления и оборотов вала в значение мощности двигателя

Способ измерения мощности по величине разрежения. Известно, что эффективная мощность двигателя зависит от разрежения во впускном трубопроводе и определяется по формуле

$$N_e = C(P_0 - P)n$$

где C - постоянный коэффициент для данного двигателя; P_0 - атмосферное давление; P - разрежение во впускном трубопроводе.

Эта зависимость положена в основу средств измерения эффективной мощности, реализующих механическое или схемотехническое переключение P и n . В табл. 3.1 приведены устройства для измерения крутящего момента.

Таблица 3.1
Приборы для измерения крутящего момента

Фирма	Тип преобразователя	Принцип измерения (датчик)	Точность, %	Диапазон измерения, Н·м	Диапазон скоростей, об/мин
Amsler Testing Machine Division Care Hirschmann Co. Inc USA		Магнитоэлектрическая система	$\pm 0,5$	До 300	
ASEA Швеция	OITT-108	Магнитоупругий	± 2	До 270	
Arco Mossberg Co USA	Гайковёрты	Оптический		»	
BARRY FRG			$\pm 2, \pm 1$	0, 115-1380	
British Hovercraft Corporation		Тензометрический со щетками	$\pm 0,2$	730-5000	0-1200 0-30000
Baldwin	A	Магнитоупругий	$\pm 0,25$	1-2-5-10- -50-120- -300-600- -700	7000(10), 5000(300) 3500(750), 10000(10), 12000
Lima-Hamilton USA	Б	Тензометрический	$\pm 0,25$	0-300	(50), 700 (300)

Продолжение табл. 3.1

Фирма	Тип преобразователя	Принцип измерения (датчик)	Погрешность, %	Диапазон измерения, Н·м	Диапазон скоростей, об/мин
Bs. F. Insts USA	C3	Индуктивный с контактными кольцами	$\pm 0,25$	0-300	50000
Crescent Engineering and Research Co. USA	T	Магнитоупругий	± 1	0,005-100	0-6000, 0-2500
	CE-30	Дифференциальный трансформаторный	± 1	0,01-200	0-75000
Dawe Instruments Англия	CM 2073 1502, 1503	Фазометрический		6-9-14-24- 28-70-140-	100-500
		Фаз. (дистозл)	0,25-2	280	
Eastgate Inst- rument FENWICH FRANCE		Стробоскопический Гидравлический	± 3	<0,25 5; 10; 20; 50; 100; 250; 500	
Generai Therm Hottinger Bald win Messtechnik GmbH FRG	Мод. E T-1 T-2	Оптический Тензометрический	± 2 $\pm 0,2$	0-700 1; 2; 5; 10; 20; 50	6000
Jungner Jades Richard Швеция	AFM-1, AFM-2	Фазометрический	$\pm 0,5$ $\pm 0,2$	100; 200 5000	30000
		Магнитоупругий	$\pm 0,3$	<5000; 0,5; 1; 2; 5 10; 20; ... 200	6000(20), 3500(200)
KYDWA Япония	TP-A, TP-B, TP-C, TP-D, TP-E	Тензометрический	$\pm 0,5$	2-200	10000(30)
Kuhnle, Korp. Kauschkaviuo FRG		Тензопреобразова- тель с бесконтакт- ной передачей к $f_{мед}$	$\pm 0,5$	0,001- 0,003- 0,1-0,3 1,3-10-30- 200-300	
Lebow Associate Inc. USA	Набор преобраз.	Индуктивный	$\pm 0,5$	1000	
		Тензометрический		5,6-140 18-2900	<24000

Фирма	Тип преобразователя	Принцип измерения (патчик)	Погрешность, %	Диапазон измерения, Н·м	Диапазон скорости, об/мин
Dr. Steiger Moltco Co. GmbH. H Schorndorf FRG	A	Индуктивный дифференциальный с трансформаторным съемом		2-5-10	6000
	B			3-10-25	18000
	C			10-25-60	30000
	D			100	
				10-25-60	

3.3. Бесшумные методы

В качестве бортовых систем контроля состояния двигателя могут быть использованы известные приемы и способы контроля, получившие наибольшее распространение: по средней частоте вращения вала двигателя, работающего на одном или двух цилиндрах (при их числе, равном 4 или 8), и по величине ускорения коленчатого вала в режиме свободного разгона, создаваемого путем резкого повышения частоты вращения на холостом ходу с минимально устойчивой до максимальной. Эти методы не определяют топливную экономичность двигателя и не пригодны для испытания двигателей с турбонаддувом.

Результаты испытаний двигателей показывают, что для двигателей одной и той же марки кривые расхода топлива в функции мощности $\alpha_t = f_1(N_e)$ располагаются почти вертикально независимо от технического состояния двигателя. Аналогичная закономерность существует и для кривых $\eta = f_2(N_e)$ (1).

Эффективная мощность двигателя

$$N_e = A \cdot q_n \cdot \eta_m \cdot \eta_m,$$

где A — постоянный коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей двигателя; q_n — цикловая подача топлива; η_m и η_m — индикаторный и механический КПД двигателя.

Отношение $N_e/N_{e, \text{max}}$ при заданном скоростном режиме и прочих равных условиях, при двух определенных положениях рейки топливного насоса является величиной постоянной и не зависящей от технического состояния двигателя.

Отношение частот вращения коленчатого вала для двух конкретных положений рейки топливного насоса, а также отношение индикаторных КПД – постоянные величины, не зависящие от состояния двигателя.

Мощность механических потерь с увеличением нагрузки изменяется

$$N_m = a + b \cdot n,$$

где N_m – мощность механических потерь; a, b – постоянные коэффициенты.

Коэффициенты a и b уменьшаются в процессе приработки двигателя (нового или отремонтированного). Механический КПД приработавшихся двигателей одной модели имеет разброс, не превышающий 1–2%. Эти закономерности используются при разработке приборов для определения мощности двигателей [1].

Динамический бестормозный метод основывается на уравнении для моментов движения двигателя

$$J_{дв} \cdot dw/dt = M_i - M_{оп} = M_{ед},$$

где $w = d\varphi/dt$ – угловая скорость коленчатого вала; $M_{ед}$ – динамический эффективный момент, соответствующий мгновенному крутящему моменту при свободном разгоне двигателя на заданном скоростном режиме.

Из этого уравнения видно, что самонагружение двигателя моментом сил инерции тем значительней, чем с большим угловым ускорением dw/dt он разгоняется. Максимальному $M_{ед}$ соответствует наибольшее ускорение разгона.

Однако при этом возможны нарушения рабочего процесса в цилиндрах двигателя, что приводит к погрешности. Если динамический и статический крутящий моменты тождественны (или между ними существует явно выраженная функциональная зависимость), то этот способ может быть использован, однако выявить эту зависимость трудно.

Эффективные и экологические показатели двигателя определяются в основном наполнением цилиндров, качеством смесеобразования, тепловыми процессами и величиной механических потерь

$$M_e = \varphi(\eta_u \cdot n \cdot \eta_m \cdot a^{-1}).$$

Анализ процесса свободного разгона двигателя показывает, что у дизеля без наддува процесс смесеобразования внутренний, поэтому он

слабо зависит от режима работы: влияние теплового состояния деталей незначительно из-за высокой конечной температуры сжатия. Поэтому основные показатели рабочего процесса дизеля на установившихся и переходных режимах будут удовлетворительно совпадать на всем рабочем участке скоростной характеристики.

При испытаниях карбюраторных двигателей наряду с общепринятым способом разгона — путем открытия дроссельной заслонки (разгон дросселем) — используется способ разгона с отключением зажигания и включения его в конце выбега двигателя при фиксированном положении дросселя (разгон зажиганием). В этом случае исключается влияние на переходную характеристику двигателя насоса — ускорителя, связанного с дроссельной заслонкой карбюратора.

Таким образом, способи свободного разгона не обеспечивают приемлемого совпадения динамических и статических характеристик в рабочем скоростном диапазоне двигателя. Но для карбюраторных двигателей такой способ испытания (назван статико-динамический) используется и предусматривает определение мощности при фиксированном положении дроссельной заслонки в узком интервале частот вращения коленчатого вала.

В фиксированном положении дроссельной заслонки при работающем двигателе по достижении верхнего или нижнего пределов частоты вращения вала периодически выключают или включают зажигание. Регистрируется число разгонов за установленное время, на основании чего определяют ускорение и эффективные показатели двигателя. Ускорение разгона в таком режиме

$$dw/dt = \pi / [30(\Delta n \cdot v_p / T)],$$

где Δn — интервал частоты вращения (между заданными верхним и нижним пределами); v_p — число циклов "разгон-выбег" за принятое время; T — измерения).

При постоянных Δn и T ускорение однозначно определяется числом циклов U_p ,

$$dw/dt = C \cdot U_p,$$

где C — постоянный коэффициент.

Двигатели с более высокими эффективными показателями характеризуются относительно большим ускорением разгона при включении зажига-

ния, меньшим временем, необходимым для достижения установленной частоты вращения n , большим числом циклов "разгон-выбег" за время измерений.

Переходный процесс описывается уравнением

$$J \cdot dw/dt = M_i - M_{\text{мт}}$$

где J - приведенный момент инерции движущихся масс; w - угловая скорость коленчатого вала двигателя; M_i - индикаторный момент; $M_{\text{мт}}$ - момент механических потерь двигателя.

После преобразований имеем

$$N = A \cdot dn/dt = n_{\text{ном}}$$

Таким образом, мощность двигателя пропорциональна ускорению переходного процесса (при номинальной частоте вращения) и для его измерения возможен вариант с индуктивным датчиком, расположенным вблизи зубьев маховика.

3.4. Комбинированные методы

К ним относятся: определение эффективной мощности двигателя путем выключения части цилиндров и загрузки двигателя с помощью тормозной установки, а также метод определения мощности по величине задрессированного павлония (измеряется павление газов с помощью манометра, соединенного дресселем с камерой сгорания), которое пропорционально крутящему моменту двигателя. Эти методы широко используются для диагностики двигателей с/х назначения и представляют интерес как перспективные бортовые системы диагностики автомобилей.

Библиографический список

1. Олинец С.С., Дычко Г.П., Кувалакова Л.Д. Методы и средства измерения механической мощности. М.: Машиностроение, 1991.
2. Едановский Н.С. и др. Диагностика автодвигателей. Л.: Колос, 1977.
3. Данов Б.А., Росачев В.Д. Электронные приборы автомобилей. М.: Транспорт, 1985.
4. Паульсен П. Электроника для диагностики автомобильных двигателей //Радиоэлектроника и связь. № 12. 1981.

5. Поляк Д.Г., Есеновский-Дашков Ю.К. Электроника автомобильных систем управления. М.: Машиностроение, 1987.
6. Хьразов А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей. М.: Высш. шк., 1990.
7. Сергеев Г.М. Точность и достоверность диагностики автомобиля. М.: Транспорт, 1980.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Введение	3
I. Автомобильные стенды	4
I.1. Требования к техническому диагностированию автомобилей	4
I.2. Классификация средств технического диагностирования	4
I.3. Средства технического диагностирования автомобилей	5
2. Методы и средства измерения мощности двигателей	15
2.1. Классификация и анализ методов измерения мощности	15
2.2. Средства диагностирования двигателей. Мотор-тестеры	18
2.3. Тормозные методы	22
3. Косвенные методы измерения мощности	32
3.1. Телеметрические системы измерения мощности	33
3.2. Устройства для контроля индикаторного давления и мощности	35
3.3. Бестормозные методы	39
3.4. Комбинированные методы	42
Библиографический список	42

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ СТЕНДЫ

Составители: К ш н я к и н Николай Анисимович,
Ч е р в и н с к и й Виллен Петрович

Редактор Т.И.К у з н е ц о в а
Техн.редактор Г.А.У с а ч е р а
Корректор Н.С.К у п р и я н о в а

Лицензия ЛР № 020301 от 28.II.91.

Подписано в печать 11.07.95. Формат 60x84¹/₁₆

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 2,6. Усл.кр.-отт. 2,7. Уч.-изд.л. 2,6.

Тираж 100 экз. Заказ 384. Арт. С -16/95.

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С.П.Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Издательство Самарского государственного аэрокосмического
университета имени академика С.П.Королева.
443001 Самара, ул. Ульяновская, 18.