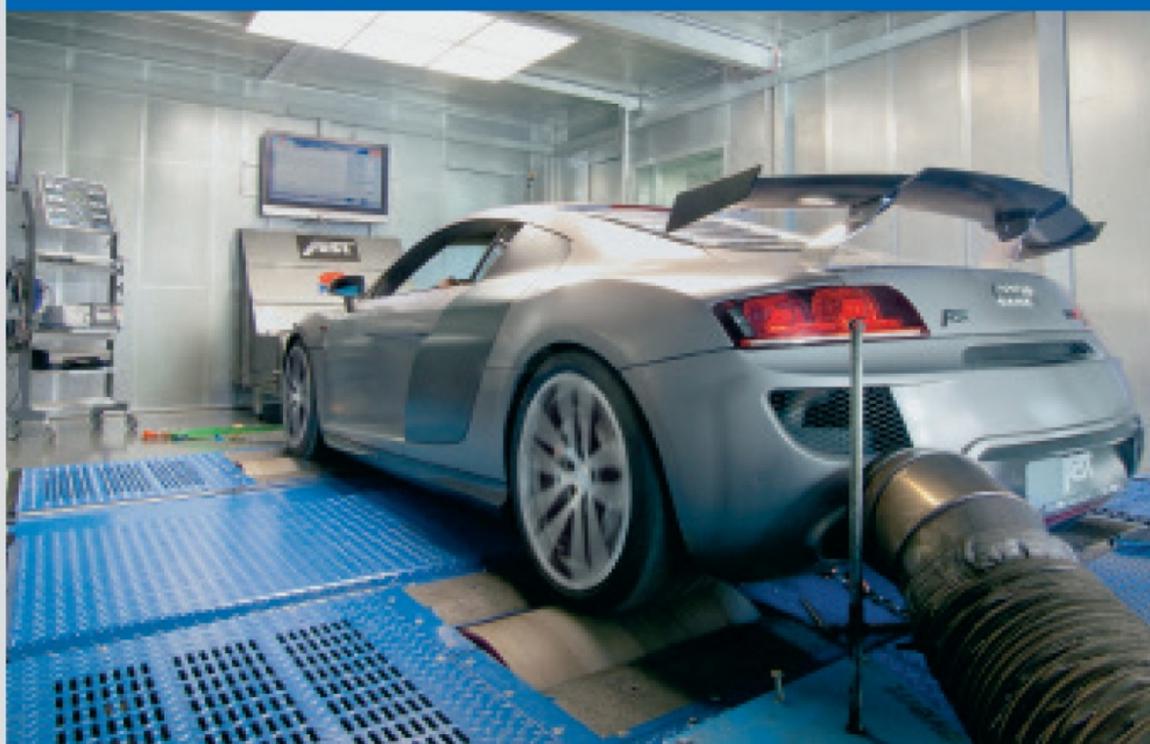


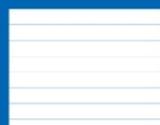
Технологии диагностирования

Современные методы диагностики мощностных и экологических характеристик автомобиля



Основные сведения, технические
особенности, применение

Флориан Фирлинг



Издательство Krafthand Walter Schulz GmbH

ISBN 978-3-87441-102-8

Оглавление

1. Вступление	4
2. История развития мощностных измерений.....	5
3. Технический обзор	11
3.1 Тормоза	11
3.1.1 Гидрокинетические системы.....	11
3.1.2 Инерционные системы	13
3.1.3 Электродинамический тормоз и электромоторы	15
3.2 Роликовые колесные мощностные стенды (динамометры)	16
3.2.1 Важные влияющие факторы.....	16
3.2.2 Ключевые особенности конструкции	17
3.2.2.1 Роликовые агрегаты	17
3.2.2.2 Синхронизация роликовых агрегатов.....	18
3.3 Принципы симуляции дорожной нагрузки.....	20
4. Основные условия организации работы мощностного стенда.....	25
4.1 Вентиляция.....	28
4.2 Система удаления отработанных газов.....	31
4.3 Звукоизоляция	33
4.4 Безопасность автомобиля	34
5. Испытания	36
5.1 Теория.....	37
5.1.1 Колесная мощность.....	37
5.1.2 Мощность механических потерь /рассеиваемая мощность	38
5.1.3 Эффективная мощность	40
5.1.4 Крутящий момент двигателя	40
5.1.5 Упрощенное измерение для легковых автомобилей	42
5.2 Практические советы	43
6. Примеры применения	51
6.1 Оптимизация технических характеристик.....	51
6.2 Оптимизация экологических параметров.....	56
6.2.1 Двигатели Отто	58
6.2.2 Дизельные двигатели	59
6.2.3 Альтернативные виды топлива	61
6.3 Оптимизация топливной эффективности.....	62
6.4 Профилактическое и периодическое обслуживание.....	64

6.5. Специальные приложения	67
7. Перспективы	71

1. Вступление

Компания МАХА Руссия, официальный представитель фирмы МАНА Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co.KG на территории Российской Федерации с 1996 года рада представить вашему вниманию перевод немецкой книги о мощностных стендах: "Moderne Leistungs- und Abgaspruefverfahren".

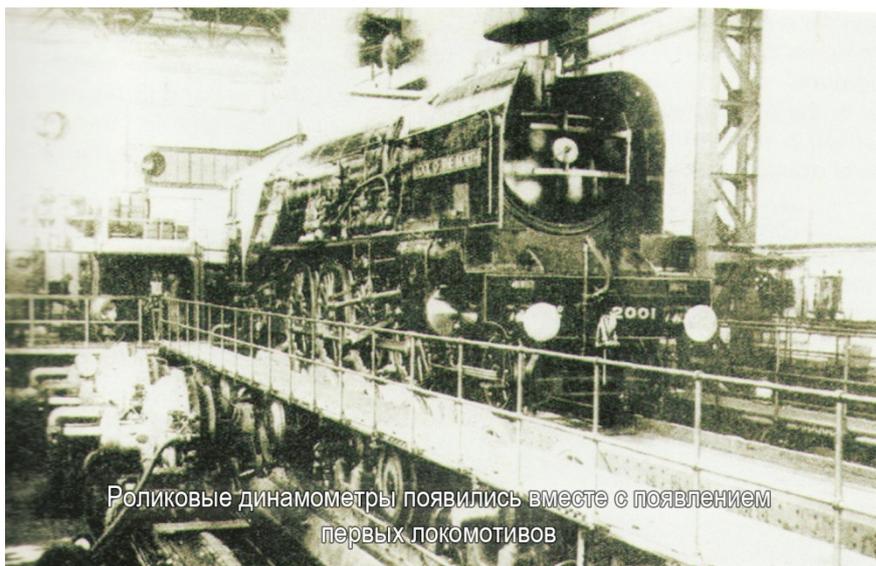
2. История развития мощностных измерений

Истоки современных процедур измерения мощности можно найти в период изобретения парового двигателя. Во второй половине 18-ого века Джеймс Уатт кардинально усовершенствовал существующую конструкцию, увеличив ее эффективность и создав универсальную паровую машину двойного действия. Несмотря на мизерную по современным понятиям эффективность всего в 3%, двигатель Уатта все же получил первый патент. И в результате он стал тем двигателем, который способствовал процессу индустриализации; даже тогда двигатели должны были показывать оцениваемые результаты.

В любом случае, это означало, что уже была необходима единица измерения мощности. Первое определение метрической единицы л.с. (лошадиной силы) восходит своими корнями также к Джеймсу Уатту.

Спустя 200 лет, новая единица мощности была названа именем изобретателя: Ватт и сейчас является унифицированной единицей измерения мощности. Старая добрая метрическая лошадиная сила была отменена с введением системы СИ (Система Интернациональная) и, в соответствии с официальными правилами, допускалась к применению только в качестве дополнительной единицы измерения.

Победный марш парового двигателя задал направление развития прогресса: железные дороги и локомотивы с паровыми двигателями были еще одной вехой на пути к индустриальному обществу. За 80 лет до появления первого автомобиля, в конце 80-х годов 19 века первый паровой локомотив уже двигался по железной дороге, и это направление промышленности развивалось чрезвычайно быстро. Локомотивы были быстрые, тяжелые и, конечно же, дорогие. Для контроля и, по возможности, для снижения грандиозных операционных расходов при эксплуатации этих монстров необходимо было измерять их эффективность. Для этих целей сначала использовали специальные измерительные тележки, которые цеплялись к локомотивам.



Роликовые динамометры появились вместе с появлением первых локомотивов

Гидромеханические измерительные устройства и пружины передавали силу с валов этих «лабораторий» на автоматические приборы измерений внутри тележек. Совместно с другими измерительными системами это позволяло измерить постоянное тяговое усилие, работу, мощность, скорость движения и другие параметры с разрешением до 0,1 с. Эти измерительные тележки заложили важный фундамент для финансово – успешного производства и развития железнодорожной сети по всему миру.

Во избежание нарушений плотного графика железнодорожного движения длительными тестовыми заездами локомотивов с измерительными тележками, а также для того, чтобы сделать измерения независимыми от погодных условий, были созданы стационарные измерительные системы. Это были гигантские залы с внушительными роликовыми динамометрами, установленные на них локомотивы можно было испытывать под различными нагрузками с любой длительностью. В тот же момент получили развитие, в соответствии с возможностями современных технологий измерений, системы оценки выхлопных газов и измерения расхода топлива, что также было обусловлено необходимостью оптимизировать эффективность паровых локомотивов в целом. В этих динамометрах все еще использовали большие, относительно простые водяные тормоза под каждым приводным колесом для обеспечения различных нагрузок. Такие гидравлические динамометры были доступны для коммерческого применения, начиная с 1881 года после их изобретения Вильямом Фродом (William Froude).

Лошадиная сила и Ватт

Старые метрическая лошадиная сила (PS) и механическая лошадиная сила (hp) были до какой-то степени маркетинговым ходом Джеймса Уатта. Он хотел сравнить производительность его парового двигателя и лошадь. Он вывел, что лошадь может вращать мельничное колесо радиусом 12 футов со скоростью 144 раза в час или 2,4 оборота в минуту. Уатт также вывел, что сила тяги лошади равняется 180 фунтам.

Используя уравнение

мощность = работа/время = сила * дистанцию / время

он приблизительно получил

33000 ft * lbf/m (фут-фунт силы в минуту)

Другие современные определения лошадиной силы также приводили к этой величине при помощи похожих выкладок. До сегодняшнего дня во всем мире сосуществует великое множество единиц измерения показателя мощности. Чтобы их можно было сравнивать, должна была появиться базовая и стандартизированная единица измерения, а так же унифицированная процедура измерения.

С появлением СИ (Международной системы единиц) было вычислено значение метрической лошадиной силы (л.с. - PS), равной 735,49875 Вт (или кг*м² / с³). Отсюда получаем значение кВт равным 1,35962162 л.с.

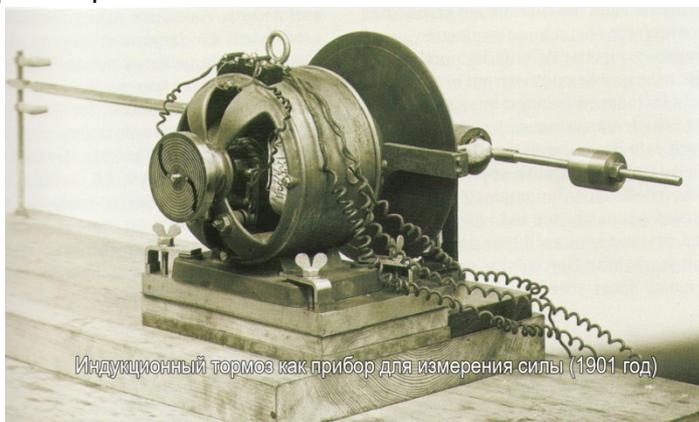
DIN (Германский институт стандартизации) и ISO (Международная организация по стандартизации) в стандартах DIN 70020 и ISO 1585 утвердили, что эффективная мощность измеряется «при нормальных условиях для всех обычных двигателей внутреннего сгорания с установленными на них впускной и выпускной системами». Помпы, топливные насосы и распределители, а также вентиляторы охлаждения и

(ненагруженные) генераторы должны приводиться двигателем.

И даже эти стандарты и нормы, как все другие соответствующие стандарты и правила (с 2000 года определены стандарты EU и ЕЕС), подвергались изменениям и дополнениям. Новые достижения в автоиндустрии постоянно требуют обновления процесса измерения мощности современного двигателя. Большинство вспомогательных механизмов автомобиля уже не имеют прямого привода от двигателя, электроусилители рулевого управления, водяные помпы и другие устройства нагружают генераторы и источники питания автомобилей неодинаково.

Пионеры автомобильной промышленности уже могли заимствовать опыт железнодорожной индустрии для тестирования своих двигателей и транспортных средств. Однако такие масштабные испытания не всегда были доступны только зарождающейся автомобильной промышленности. Приходилось сталкиваться со множеством сложностей начального периода развития в попытках увеличить общественное признание данного вида транспорта.

Также следует отметить тот факт, что вплоть до 1928 года, в соответствии налоговым законодательством Германии, для клиента более важным, чем фактическая мощность транспортного средства, была, так называемая, «налоговая лошадиная сила». Величина налоговой лошадиной силы (н.л.с.) рассчитывалась не от фактической мощности двигателя, а с помощью простой математической формулы, основанной на размерах цилиндра (одну налоговую лошадиную силу «выдавал» четырехтактный двигатель с рабочим объемом 261,8 см³).



В начале XX века налоговая лошадиная сила была достаточно близка к реальной лошадиной силе (л. с.); с развитием же двигателей внутреннего сгорания реальная лошадиная сила стала больше, чем н. л. с. в десять и более раз. Данная практика делала не актуальным вычисление реальной лошадиной силы, поэтому часто она исчислялась неточно или просто выдавалась производителем. Так, например, производитель заявлял следующие характеристики Audi 18/70 PS 1925-го года (M-type выпускалась с 1924 по 1927, один из самых дорогих автомобилей того времени): автомобиль с 18 налоговыми лошадиными силами оснащен двигателем с объемом 4,5 литра и эффективной мощностью в 70 лошадиных сил. Действительно ли эти 70 лошадиных сил были достижимы данным автомобилем, оставалось скорее на совести маркетологов, нежели инженеров, хотя эффективную мощность даже в то время можно было измерить с достаточной точностью.

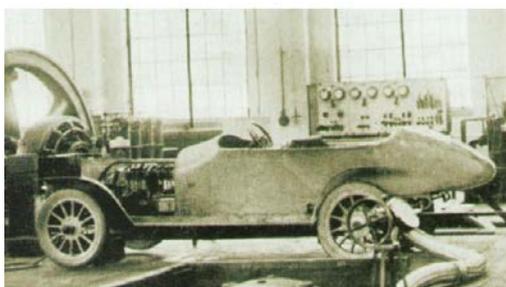


Действительно ли эти 70 лошадиных сил были достижимы данным автомобилем, оставалось скорее на совести маркетологов, нежели инженеров, хотя эффективную мощность даже в то время можно было измерить с достаточной точностью.

Пока производство автомобилей еще не стало массовым, и процессы производства не отвечали более поздним индустриальным стандартам, каждый произведенный двигатель испытывался и измерялась его мощность. Такие измерения производились при помощи упомянутого ранее динамометра с водяным тормозом. Альтернативные средства были довольно устаревшими конструкциями со сравнительно примитивными датчиками силы, например, с простыми ленточными тормозами. Эта и последующие разработки, например тормоз де Прони (de Prony), имели в основе сухое трение, поэтому не подходили для автомобильной индустрии, по крайней мере для инженерного применения. Электрификация технологий на рубеже веков имела решающее значение для зарождающейся автомобильной индустрии. Двигатель внутреннего сгорания занял лидирующие позиции по сравнению с паровым и электрическим двигателями.

Немецкий инженер Рудольф Дизель стремился повысить эффективность двигателя внутреннего сгорания и в 1897 предложил двигатель с воспламенением от сжатия. На заводе «Людвиг Нобель» Эммануила Людвиговича Нобеля в Петербурге в 1898—1899 Густав Васильевич Тринклер усовершенствовал этот двигатель, используя бескомпрессорное распыление топлива, что позволило применить в качестве топлива нефть. В результате бескомпрессорный двигатель внутреннего сгорания высокого сжатия с самовоспламенением стал наиболее экономичным стационарным тепловым двигателем. В 1899 на заводе «Людвиг Нобель» построили первый дизель в России и развернули массовое производство дизелей. Этот первый дизель имел мощность 20 л. с., один цилиндр диаметром 260 мм, ход поршня 410 мм и частоту вращения 180 об/мин. В Европе дизельный двигатель, усовершенствованный Густавом Васильевичем Тринклером, получил название «русский дизель» или «Тринклер-мотор».

Электродвигатели переменного, постоянного тока и электромагнитные индукционные тормоза начали использовать в динамометрических стендах для автомобильной индустрии для применения значительно позже, где-то в 1930-х годах.



И даже после Второй мировой войны такие динамометры были доступны и использовались исключительно для исследований и разработок промышленного масштаба. Параллельно, еще до войны в Америке, в среде автомобильного спорта и механиков-энтузиастов начали зарождаться традиции измерений мощности

автомобилей. Относительно дешевые гидравлические тормоза, используемые в этих гаражах, стали широко распространенными в Америке.

Широкое распространение автомобилей порождает первые уличные состязания “на скорость”. Любители гонок начинают перестраивать свои автомобили. Чаще всего это были массовые модели Ford в кузове родстер, из-за его меньшего веса, отсюда появился термин hot rod, сокращение от hot rodster. С 1949 года ведет свою историю Национальная Ассоциация гонок серийных автомобилей (NASCAR - National Association of Stock Car Auto Racing). Именно тогда Билл Франс-старший решил объединить проводившиеся на юго-востоке США полупрофессиональные гонки на серийных машинах в один чемпионат. Ни одна автоспортивная организация не взялась санкционировать это соревнование, и Франс основал санкционирующую организацию сам. Все это стало предпосылкой, чтобы североамериканские производители автомобилей обратили на характеристики мощности автомобилей свое пристальное внимание.



Подготовка автомобиля «1000hp Sunbeam» к рекордному заезду. Мощность каждого двигателя была 500 bhp на 200 об/мин (измерение при помощи гидротормоза). 29 марта 1927 года Генри Сигрейв (Henry Segrave) установил на данном автомобиле рекорд скорости - 327,97 км/ч (203,792 миль/ч).

Для обычных же автосервисов было довольно таки мало интереса инвестировать в такое диагностическое оборудование. Важные действия в этом направлении начались только в 1970-х годах, когда в США были определены первые экологические стандарты, описанные в Федеральных законах о качестве воздуха и о качестве вод.

Данное регулирование произвело настоящий бум спроса на функциональные динамометры для диагностики транспортных средств, особенно когда во многих странах законами стало предписано проводить экологические измерения под нагрузкой. Долгое время в Европе технологии измерений мощности и экологических показателей оставались прерогативой автопроизводителей и профессионального автоспорта. Но и здесь, параллельно с введением экологических стандартов в Америке, развивающееся законодательство стало требовать применения простых роликовых динамометров. В последующие годы экологические стандарты во всем мире становились все жестче. Угроза загрязнения воздуха, нефтяной кризис и возрастающее внимание к экологии в развитых странах сильно повлияли на развитие автомобильной промышленности.

Не важно, изобретались ли полноприводные технологии, электронные системы управления или каталитические нейтрализаторы отработанных газов, процедуры измерений мощности и экологических показателей должны были идти в ногу с техническим прогрессом в автомобилестроении.



Массовое производство полноприводных автомобилей потребовало внедрения новых технологий измерений: Audi Quattro на полноприводном колесном мощностном стенде

В Германии в 1985 году была введена предписанная законом специальная ежегодная проверка токсичности отработанных газов (ASU - Abgas-Sonder-Untersuchung), которая действовала вплоть до 1993 года. И хотя он распространялся только на бензиновые двигатели, но диагностическим оборудованием сразу же были оборудованы автосервисы по всей стране. Это произошло, потому что те, кто не мог провести диагностику согласно узаконенным нормам, сразу же вытеснялись с рынка конкурентами. С декабря 1993 года закон о ежегодной проверке токсичности отработанных газов, известный теперь как «AU», так же стал распространяться и на дизельные двигатели. Принцип действия опациметра (или дымомера - оптического прибора для измерения дымности выхлопных газов дизельных двигателей) не изменился до сегодняшнего дня. Дизельные же двигатели претерпели большие изменения, как это повлияло на измерения, будет освещено в последующих статьях.

Относительно недавно (с 1 декабря 2008 года) для всех автомобилей, зарегистрированных после 1 января 2006 года начала действовать так называемая Директива 4 (Leitfaden 4 / Guideline 4). В настоящий момент полным ходом идет бурная дискуссия вокруг этой Директивы и заявлений автомобильной индустрии о замене традиционных технологий экологического контроля «из выхлопной трубы» на контроль отвечающих за экологию компонентов посредством OBD. Тем не менее, этот динамический интернациональный процесс уже неопровержимо определил: развитие современных технологий измерения мощности и экологических показателей не завершено и будет продолжаться еще долгое время.

3. Технический обзор

Стараясь усовершенствовать технологическую сторону измерений, железнодорожные инженеры в 18 веке использовали водяные тормоза все большего размера для своих стационарных роликовых динамометров. На сегодняшний день также существует целый спектр технологических возможностей для применения управляемого торможения вращающихся валов. Тем не менее, на практике применение нагрузок такого типа на ходовую часть транспортного средства ограничивается несколькими техническими вариантами. Далее мы дадим небольшой обзор нескольких основных принципов.

Измерения крутящего момента и частоты вращения, необходимые для расчета мощности, могут быть произведены различными способами. Ниже приведено описание системы измерения силы при помощи тензодатчиков.

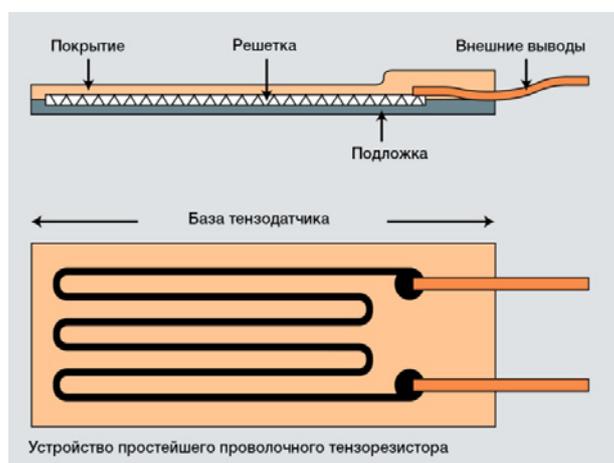
Тензодатчики

Типичный проволочный тензодатчик состоит из подложки, на которой размещен активный чувствительный элемент (решетка из сверхтонкой проволоки с высоким электрическим сопротивлением).

Тензодатчик устанавливают на высокочувствительный элемент конструкции при помощи специального клея.

При механической нагрузке происходит растяжение или сжатие поверхности элемента, а соответственно и самого тензодатчика, что вызывает изменение электрического сопротивления проволочного элемента тензодатчика.

В зависимости от размеров тензодатчиков и способов их включения в электрическую измерительную цепь (обычно это мост Уитстона, или полностью термокомпенсированный тензомост), можно создать целый ряд конструкций датчиков силы.



3.1 Тормоза

3.1.1 Гидрокинетические системы

Гидрокинетические тормоза динамометров (далее просто гидравлические тормоза) это в действительности не что иное, как хорошо знакомые гидромуфты классической автоматической трансмиссии. Это устройство увеличивает передаваемый крутящий момент в зависимости от числа оборотов и нагрузки посредством турбины с обгонной муфтой.

Но с другой стороны, гидравлические тормоза не используют дополнительное отклонение потока жидкости и поэтому они ближе к гидравлической муфте, изобретенной Фёттингером, чем к гидротрансформатору с реактором, установленным на муфте свободного хода.

История

Создание первых гидродинамических передач связано с развитием судостроения в конце XIX века. В то время в морском флоте стали применять быстроходные паровые турбины, что вызвало необходимость понижения оборотов вала до скорости вращения гребного винта в пределах 200—300 об/мин или ниже — на крупногабаритных судах, т.к. наиболее высокий КПД гребных винтов проявляется именно в этих пределах. Кроме этого, высокие обороты вызывают кавитацию на лопастях и большие нагрузки. Это потребовало применения дополнительных механизмов. Поскольку технологии в то время не позволяли изготавливать высокооборотные зубчатые передачи, то потребовалось создание принципиально новых передач. Первым таким устройством с относительно высоким КПД явился изобретённый немецким профессором Г. Фётингером гидравлический трансформатор (патент 1902 года), представлявший собой объединённые в одном корпусе насос, турбину и неподвижный реактор. Однако первая применённая на практике конструкция гидродинамической передачи была создана в 1908 году и имела КПД около 83%. Позднее гидродинамические передачи нашли применение в автомобилях. Они повышали плавность трогания с места. В 1930 году Гарольд Синклер, работая в компании Даймлер, разработал для автобусов трансмиссию, включающую гидромуфту и планетарную передачу. В 1930-х годах производились первые дизельные локомотивы, использовавшие гидромуфты.

Для всех гидравлических тормозов действует один основной принцип, хотя имеется две базовые версии в зависимости от конструкции: тормозная эффективность двигателей с постоянной производительностью (закрытая система) может быть отрегулирована при помощи сменных управляющих дисков между ротором и статором. Специфические отверстия в этих регулировочных дисках могут избирательно воздействовать на поток жидкости, а с ним и на преобразование энергии и эффективность работы тормозной системы. В других версиях эффективность тормозов регулируется потоком жидкости, подаваемой в гидравлические тормоза через клапаны на впуске и впуске гидравлической схемы (открытая система).

Главное преимущество гидрокинетической системы по сравнению с остальными тормозными системами - это сравнительно низкая стоимость. Именно это обусловило ее широкое применение. К тому же, возможно сделать гидравлический тормоз практически любого размера. И даже гигантские размеры довольно просто воплотить в жизнь. Однако, есть несколько существенных недостатков в сравнении с современным электродинамическим тормозом.



Даже в открытой системе точная модуляция гидравлических тормозов обычного типа зависит от многих потенциальных возмущающих переменных. Конструкция динамометра с его гидравлическими, механическими и электрическими частями обходится довольно дорого по причине сложных требований к регулированию и управлению системой. В целом это делает гидравлические тормоза более подверженными различным дефектам и ошибкам. Проблемы с коррозией, кавитацией и эрозией можно исключать только при

высоком уровне конструирования, большой стоимости производства и затрат на техническое обслуживание. К этому можно добавить, что характеристики чувствительности гидравлических тормозов в принципе хуже, нежели чем, например, у индукционного тормоза, а их системы регулирования и управления гораздо сложнее автоматизируются.

Благодаря долгой истории развития гидрокинетических тормозных систем на сегодняшний день существует множество вариантов реализации данной технологии. Но в любом случае даже самые простые системы должны развиваться в более сложные системы, чтобы быть способными отвечать современным требованиям.

Гидравлическая муфта

В случае с простой гидромуфтой гидравлическая передача крутящего момента и мощности на вращающиеся валы достигается только при помощи ротора и статора в общем корпусе турбины. Ротор, соединенный с коленвалом двигателя, приводит в движение жидкость, находящуюся в корпусе. Кинетическая энергия жидкости передается на колесо статора, которое соединено с ведомым валом. В данной ситуации не возникает ни механического трения, ни перегрузки по крутящему моменту. Эффективность в большей степени зависит от разницы частот вращения ротора и статора, но не может достигнуть 100 % без дополнительной механической блокировочной муфты.

3.1.2 Инерционные системы

Инерционные тормозные системы в динамометрах (часто используется название «инерционные динамометры») обычно нагружают привод автомобиля посредством инерции своих вращающихся масс. Факт того, что необходимы дополнительные силовые затраты для изменения конкретного состояния вращения маховика, еще раз подтверждает, что данная технология физически устарела. Современные процедуры измерения мощности и экологических показателей под нагрузкой, давно уже не ограничиваются измерением лишь максимальной мощности. Тем не менее, в чистом виде инерционные динамометры предназначены именно для этого, или, другими словами: на динамометре, работающем по этому принципу, вы ничего более измерить не сможете.



VTG (Variable Turbo Geometry) турбокомпрессор с изменяемой геометрией.

Турбокомпрессор с изменяемой геометрией позволяет регулировать давление наддува для любых рабочих режимов. Потребление топлива и объем выхлопных газов могут быть снижены, что позволит оптимизировать и улучшить характеристики мощности и крутящего момента.

Однако многие динамометры имеют одну или несколько отдельных центробежных масс. Само собой разумеется, что согласно закону инерции, динамометры такой конструкции не могут ни приложить усилие на постоянной скорости и измерить мощность, ни воссоздать реальный цикл езды с различными нагрузками. По этой причине часто можно видеть попытки скомбинировать обе рассмотренные системы в одном динамометре используя комбинацию из маховиков – преобразователей и, например, индукционных тормозов или электродвигателей постоянного тока.

Несмотря на фундаментальные конструкционные компромиссы, возможность применений таких гибридных концепций вполне допустима для определенных целей. Например, во многих странах, проверка выхлопных газов на транспортном средстве под нагрузкой на таких динамометрах было регламентированной практикой многие года. Даже старомодная "классическая" автомобильная техника может быть проверена до определенного уровня требований с использованием гибридных инерционных динамометров. Современные же транспортные средства, оснащенные сложными мехатронными системами, требуют применения соответственно таких же сложных динамометрических технологий, которые мы рассмотрим в дальнейшем.



Такая ситуация складывается потому, что в случае некоторых повреждений – назовем в качестве примера турбокомпрессор VTG, регулирующий клапана - часто проявляются только минимальные симптомы, которые обычной технологией измерений сложно определить.



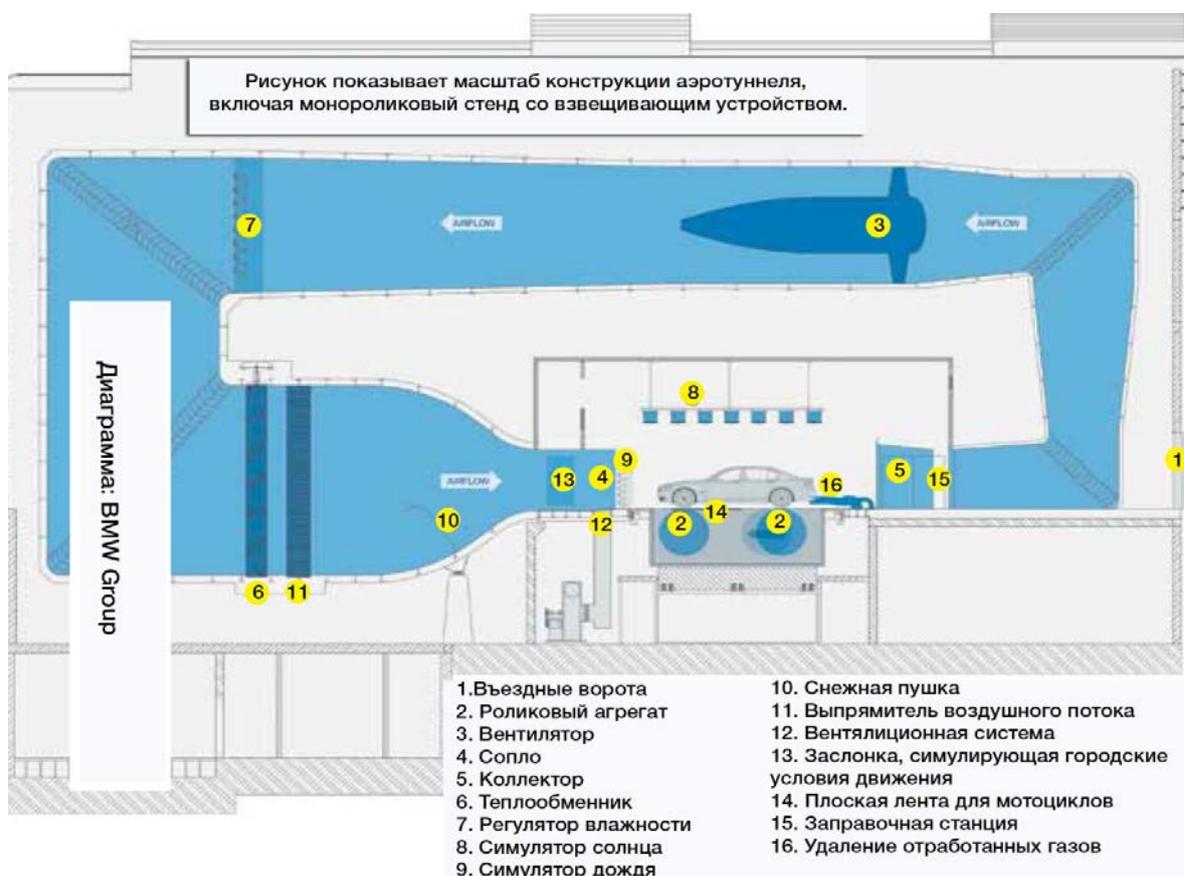
Выявление таких ошибок на сегодняшний день является реальной задачей для современных высокотехнологичных мощных

стендов. Далее мы рассмотрим примеры диагностирования таких ошибок. Однако именно из-за своей инертности вращающиеся центробежные массы не могут выявить мизерные отклонения, такие, например, как неправильная установка распределительного вала. К тому же они не обладают достаточной возможностью быстро и точно изменять нагрузки. Чем больше вращающиеся массы, тем сложнее соответствовать этому требованию. Даже только по этой причине мощные стенды, работающие по принципу инерционных масс, не могут удовлетворять потребностям индустрии автомобильной диагностики.

3.1.3 Электродинамический тормоз и электромоторы

Электродвигатели переменного и постоянного тока в мощных стендах могут использоваться как для привода так и в качестве генераторов торможения. Двигатели постоянного и переменного тока можно также комбинировать; обычно двигатель постоянного тока выступает в качестве приводного, а переменного - в роли элемента, обеспечивающего торможение. С учетом достаточной сложности такая комбинация моторов переменного/постоянного тока может быть очень эффективной и гибкой. Из-за размеров таких систем и высоких соответствующих затрат, они используются в основном в автомобильной промышленности. В стандартных динамометрах электромоторы обычно применяются только для синхронного привода ведомых осей.

В целом электродинамические тормоза (ЭДТ) наиболее подходят для мощных и экологических испытаний на современных динамометрах в неиндустриальном автомобильном секторе.



Они используют принцип электромагнитной индукции для создания крутящего момента на ведущих колесах транспортного средства и, как следствие, обеспечивают селективное торможение. Аксиально расположенные катушки создают магнитное поле, в котором вращаются дисковые металлические роторы, подсоединенные через муфты к роликам стенда. При вращении в роторах индуцируется ток и создаются вихревые токи. При вращении они создают свои собственные магнитные поля, которые



работают в противоположном оригинальному полю направлению.

Поскольку электрическое сопротивление металлических роторов составляет резистивную нагрузку, кинетическая энергия трансформируется в тепло: транспортное средство тормозится. Тормозная эффективность может легко регулироваться с высокой степенью точности посредством подачи управляющего напряжения на катушки. Электродинамические тормоза в мощностных стендах обычного типа обеспечивают высококачественную (стабильную и устойчивую) мощность торможения до 1000 кВт. Электроника полностью компенсирует отклонения кривой мощностных показателей из-за потерь обусловленных температурными факторами, потерь, вызванных трением в подшипниках и т.д., таким образом, что система выдает в высшей степени точные исправления тормозных характеристик для всего операционного цикла. Электродинамические тормоза (за исключением подшипниковых узлов) работают без трения и поэтому практически не подвергаются износу и крайне просты в уходе.

3.2 Роликовые колесные мощностные стенды (динамометры)

3.2.1 Важные влияющие факторы

Описанная выше нагрузка на тормоза, создающаяся посредством колес и трансмиссии транспортного средства, это лишь часть сопротивления движению в реальных условиях. В отличие от простого моторного стенда, при расчете необходимой тормозной силы должны быть учтены эти дополнительные сопротивления. Соответствующие математические расчеты достаточно сложны, поэтому более детальное описание мы здесь приводить не будем. Без них, однако, во время испытания будет учтено не достаточно влияющих факторов. Роликовый мощностной стенд поэтому должен быть способен имитировать такие реальные условия как движение в гору и накатом, а также ускорение, обгон, торможение и, что так же немаловажно, езду по бездорожью, а так же комбинацию всех данных типов движения. Единообразные условия движения по ровному дорожному покрытию это скорее исключение как в реальной жизни, так и при испытаниях на мощностном стенде.

Также необходимо принимать во внимание другие факторы, такие как ветровая нагрузка, вес, буксируемая нагрузка, давление в шинах и т.д. Очень важны потери в трансмиссии автомобиля, например, в гидротрансформаторе, различных подшипниках и, в особенности, шинах.

Следует отметить, что все эти потери имеют не простую линейную связь со скоростью или частотой вращения. Таким образом, возникает крайне сложная взаимозависимость физических переменных. Поэтому качество и, соответственно, ценность мощностного стенда определяется тем, насколько сложные алгоритмы заложены в программном обеспечении, а так же насколько он способен фиксировать и обрабатывать разные функциональные условия. Соответствующие принципы определения реальных измерений и корректирующих величин для различных условий движения будут объяснены в следующих материалах.

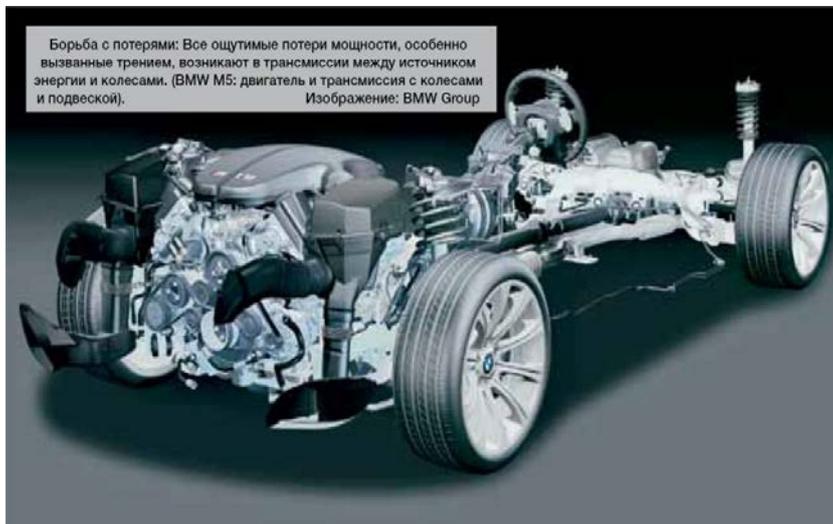


3.2.2 Ключевые особенности конструкции

3.2.2.1 Роликовые агрегаты

Одним из важнейших критериев для создания адекватной симуляции актуальных условий движения на роликовом мощностном стенде являются размеры и конфигурация роликов. Даже на сегодняшний день у простых функциональных мощностных стендов ролики обычно небольшого диаметра.

Тем не менее, поскольку в этом случае получается несоответствующий дорожным условиям контакт колеса с опорной поверхностью и, вследствие этого, сопротивление качению, они в действительности не подходят для мощностных испытаний. Для этих целей нужны ролики большого диаметра – просто для минимизации деформации шины.



В настоящее время обычная практика – применение роликов с длиной окружности 1 метр для стендов с двумя роликами под колесом. Этот роликовый агрегат включает в себя один опорный и один тормозящий ролик с колесом автомобиля, расположенным между ними. Колесо осуществляет управляемое вращение в этой роликовой призме. Кроме того, автомобиль должен быть закреплен для предотвращения выезда с динамометра.



Деформация шины и сопротивление качению

Основной причиной возникновения сопротивления качению при движении шины по дороге / шины по ролику стенда является внутреннее трение материала шины (деформация шины). Физическая теория достаточно сложна из-за различных влияющих факторов и воздействий. Важным для практики является тот факт, что сопротивление качению линейно увеличивается в арифметической зависимости от соотношения радиусов шины и ролика и определяется примерно следующим образом по формуле:

$$F_{xr} = \sqrt{F_x \left(1 + \frac{r}{R}\right)},$$

где: F_{xr} = сопротивление качению на ролике, r = радиус шины

F_x = сопротивление качению на дороге, R = радиус ролика

Двигатель автомобиля при испытаниях на стенде также должен преодолевать более высокий уровень сопротивления качению на ролике по сравнению с качением на дороге. Необходимо измерять мощность рассеяния или мощность механических потерь. На практике также является проблемой температура шины при мощностных испытаниях.

В автоспорте иногда устанавливают нулевые значения углов развала и схождения при тестировании с целью оптимизации тягового усилия и температурного режима за счет улучшения поверхности контакта между шиной и роликом.

Тем не менее существует целый ряд преимуществ, если колесо находится не между двумя одинаково малыми роликами, но расположено на одном ролике большого диаметра: чем больше диаметр ролика, тем реалистичнее симуляция контакта между колесом и поверхностью качения и меньше нежелательные нагрузки, действующие на шины и, следовательно, на трансмиссию автомобиля. Верхнее расположение колеса также дает преимущество в резерве тягового усилия, что имеет особенное значение для автомобилей с высокой удельной мощностью.

Поставщики высококачественных мощностных стендов в силу всего вышесказанного имеют тенденцию выбирать монороликовые решения.

Таким образом, ролик диаметром 20 дюймов представляет собой удобный компромисс – также и в отношении конструкции. Такое положение вещей вызвано тем, что если мощностной стенд изначально установлен вровень с полом, то апгрейд до следующего поколения стенда в некоторых случаях становится проблемой. Мощностной стенд с 20 дюймовыми роликами в таких случаях все еще может быть установлен в существующий фундамент. Возникшая в некоторых случаях разница по высоте всего лишь в несколько сантиметров может быть нивелирована при помощи заездных рамп. При переоснащении существующих систем на монороликовые динамометры с большими роликами, как правило, требуется проведение работ по изменению фундаментов. С другой стороны, в случае нового монтажа, тип и размер роликового агрегата является лишь одним из многих аспектов системного планирования.



3.2.2.2 Синхронизация роликовых агрегатов

В случае многоосных динамометров есть техническое требование по обеспечению связи роликовых агрегатов, так чтобы они всегда вращались абсолютно синхронно друг с другом и что соединение было как можно более свободным от нежелательных размерных допусков и механического износа. В то же время должны быть устранены или сведены к минимуму дисбалансы во вращающихся частях и критические естественные вибрации.

Карданные валы и ременные приводы являются общеприменимыми решениями для полноприводных динамометров, потому что они являются относительно дешевыми. Однако на практике поддержание этих механических соединительных элементов в допустимом рабочем состоянии в долгосрочной перспективе сопровождается высокими затратами на техническое обслуживание. Следует учесть, что легковой автомобиль на стенде развивает скорость до 300 км/ч и выше. Возникающая при этом нагрузка на механизм передачи, независимо от его типа, огромна. Некоторые ездовые циклы, например, для симуляции определенных гоночных трасс было бы почти невозможно создать с помощью механического соединения роликовых агрегатов мощностного стенда.

В случае полноприводных динамометров с переменным межосевым расстоянием и механической связью между роликовыми агрегатами число возможных неисправностей возрастает с дополнительными затратами на разработку. Износ подшипников, редукторов и шлицевых валов, например, а также неизбежные допуски на размеры, присущие ременным передачам, приводят к таким системам, которые даже близко не соответствуют необходимым требованиям к современной автомобильной диагностической технике.



Полноприводный монороликовый мощностной стенд (в процессе монтажа) с электродинамическими тормозами и электромоторами для электронной синхронизации роликовых агрегатов.

В области современных точных процедур мощностных и экологических испытаний автомобилей со сложными системами полного привода, в том числе с электронным управлением, в интересах точности и эксплуатационной безопасности необходимо избегать каких-либо абсолютно непредсказуемых возмущающих переменных. В случае полноприводных мощностных стендов без синхронизации роликовых агрегатов это может привести к повреждению полноприводной трансмиссии автомобиля. Электронная синхронизация устраняет эту опасность в принципе, а также позволяет обеспечивать большие диапазоны изменения межосевого расстояния для соответствия самым малым и большим колесным базам автомобилей. Механические устройства синхронизации накладывают большие ограничения в этом смысле.

Понимая дальнейшее развитие автомобильной техники, высококлассные производители гаражного оборудования часто оборудуют полноприводные мощностные стенды не только электродинамическими тормозами, но и приводными электродвигателями с электронным регулированием, что позволяет адаптировать систему управления стендом к любому типу



Иногда невыполнимо: не все динамометры могут обеспечить проверку современных и перспективных систем полного привода с электронным управлением. Изображение: Porsche AG

полноприводной трансмиссии - без подверженных неисправностям механических связей между роликовыми агрегатами.

3.3 Принципы симуляции дорожной нагрузки

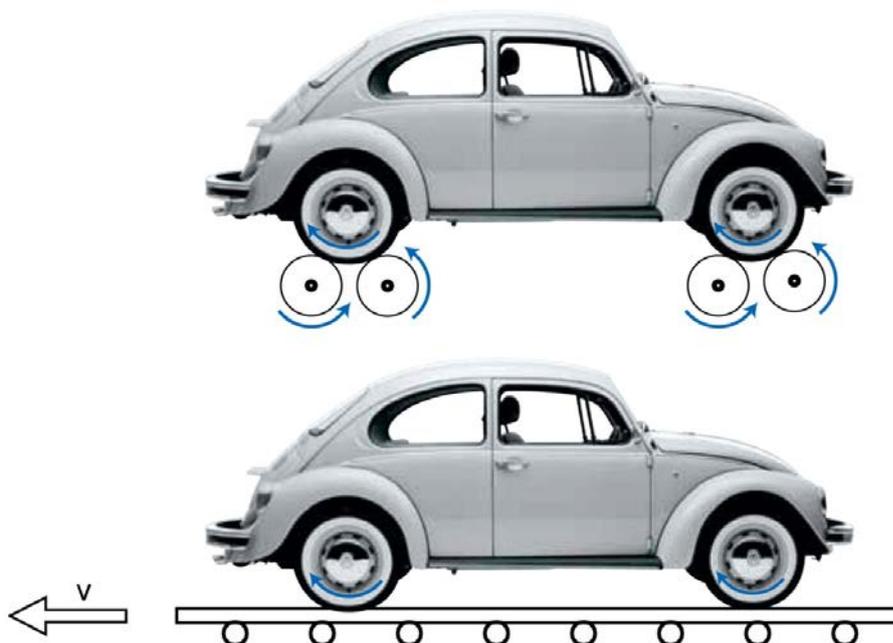
Сами по себе нагружающие колеса автомобиля ролики сами по себе не являются динамометром. В дополнение к сложной технологии измерения также требуется некоторая математика, принимающая во внимание рассмотренные выше влияющие переменные (и многое другое). Визуально все выглядит так, что при измерении мощности, экологических и других параметров, напрямую влияющих на привод автомобиля, автомобиль неподвижен, в то время как движется «дорога».



Стабилизирующее влияние:
Электродвигатель посредством короткого ремня вращает ролик и приводит в движение ведомую ось ТС. В этом случае система управления автомобиля будет получать сигналы оборотов от всех колес.

Двигатель вращает колеса неподвижного транспортного средства. При наличии достаточной силы трения приводится в движение в обратном направлении расположенное под колесом пятно контакта. Конечно, этот тип моделирования движения технически непрактичен, поэтому (функционально) динамометр обычно имеет пары роликов, колеса оси автомобиля располагаются между этими роликами.

Как объяснялось выше, принцип может быть модифицирован – колеса могут располагаться на вершинах больших роликов, а не между двумя роликами меньшего диаметра. Тем не менее, это не имеет значения для следующих основных объяснений:



Движущая сила F_A колес производит:

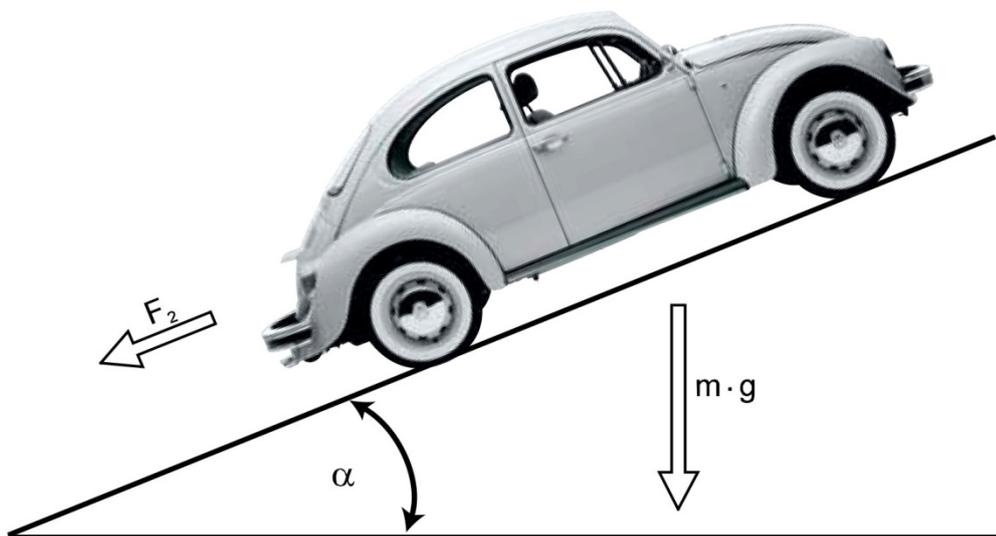
1. Ускорение a и изменение скорости Δv транспортного средства с массой m .



$$F_1[H] = m[kg] \cdot a[m/c^2]$$

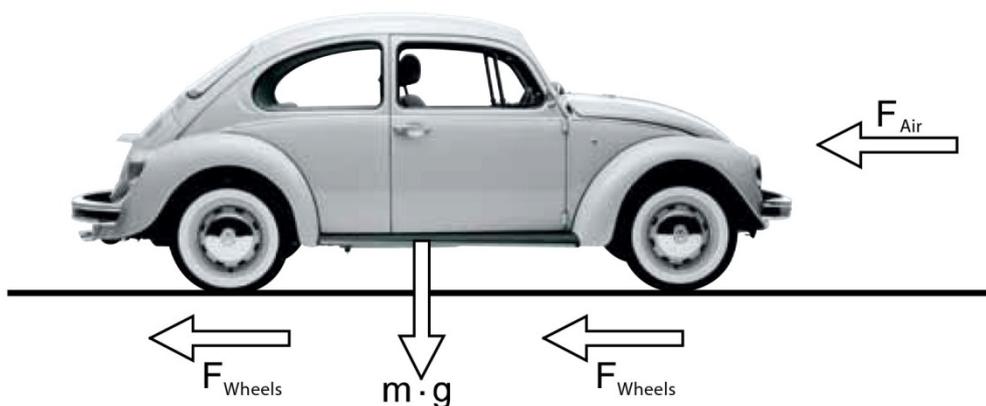
Произведение массы m в килограммах и ускорения a в метрах в секунду за секунду дает движущую силу в ньютонах.

2. Изменение градиента автомобиля при движении в гору.



$$F_2[H] = m[kg] \cdot g[m/c^2] \cdot \sin \alpha$$

3. Преодоление сопротивления движению.



$$F_3[H] = F_{Wheels} + F_{Air}$$

• с сопротивлением качению шин и коэффициентом деформации шины μ_r и μ_w колес:

$$F_{Wheels} = \mu F_G = (\mu_r + \mu_w) \cdot m \cdot g$$

- с сопротивлением воздуха: $F_{air} = \frac{1}{2} \rho c_w A v^2$

где: ρ = удельная плотность окружающего воздуха

c_w = коэффициент лобового сопротивления

A = площадь поперечного сечения автомобиля

v = скорость воздушного потока

- F_3 зависит от скорости

Результат: Когда движущая сила F_A разгоняет автомобиль прямо вперед с постоянной скоростью V , справедливо следующее выражение:

$$F_A = F_3$$

Если движущая сила F_A ускоряет автомобиль в гору, все три силы объединяются и справедливо следующее выражение:

$$F_A = F_1 + F_2 + F_3$$

Движущая сила F_M двигателя передается на колеса через кривошипы и валы (т.е. “с помощью” крутящего момента). При этом должно быть преодолено внутреннее сопротивление, определяемое по большей части трансмиссией и подшипниками. Часть исходной силы (если смотреть от сцепления), таким образом, теряется в приводе автомобиля. $F_M = F_V + F_A$ (где F_V - сила, необходимая для преодоления внутреннего сопротивления).

Если движущая сила двигателя F_M прикладывается на определенном пути, то на этом пути совершается работа W_M .

При этом транспортное средство использует энергию:

$$W_M [Hm] = F_M [H] \cdot s [M]$$

где s = пройденное расстояние в метрах

Работа W_M производится для:

- увеличения кинетической энергии транспортного средства при ускорении на расстоянии s .

$$W_1 = F_1 \times s = m (\Delta v)^2$$

- увеличения потенциальной энергии транспортного средства при движении в гору.

$$W_2 = F_2 \times s = m \times g \times h$$

- преодоления сопротивления движению на участке пути s .

$$W_3 = F_3 \times s$$

- преодоления внутреннего сопротивления автомобиля.

$$W_4 = W_v = F_v \times s$$

Полная работа, которую должен совершить двигатель:

$$W_M = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = W_A + W_v$$

Если работа W выполняется в течение периода времени Δt , мощность за время Δt составит:

$$P[\text{Вт}] = \frac{W_A}{\Delta t} = \frac{F_A \times s}{\Delta t} = F_A \times v$$

(где v является средней скоростью движения за время Δt).

Если мы возьмем малые времена Δt и знаем движущую силу F_A в любое время t при движении, мы можем определить движущую силу в любое время следующим образом:

$$P_A(t) = F_A(t) \times v(t)$$

Эффективная мощность двигателя на сцеплении в таком случае составит:

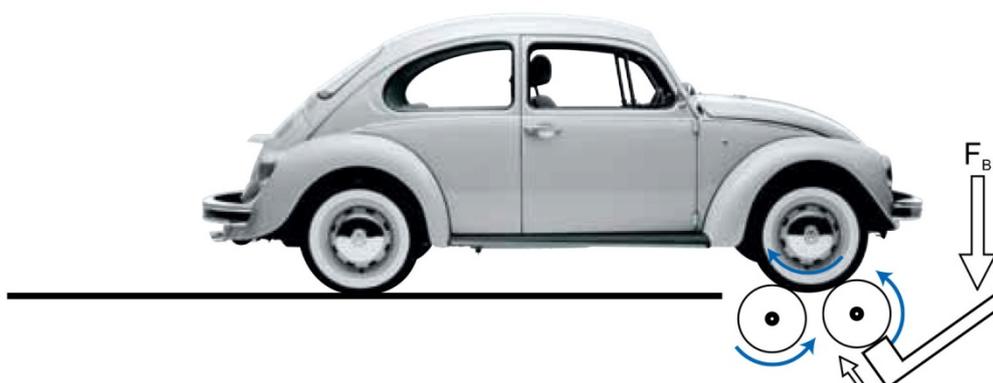
$$P_M = \frac{W_M}{\Delta t} = \frac{W_A + W_v}{\Delta t}$$

$$P_M = P_A + P_v$$

Эффективная мощность двигателя P_M представляет собой сумму движущей силы P_A и мощность рассеяния или мощность механических потерь P_v .

Ролики, приводимые в движение автомобилем, могут затормаживаться с помощью регулируемого усилия F_B , которое создается соответствующим устройством стенда.

Таким же образом, соответствующие (моделируемые) скорость и ускорение транспортного средства могут быть рассчитаны из частоты вращения и изменений частоты вращения, измеренных на роликах стенда.



И инерция приводных роликов и регулируемое тормозное усилие F_B влияют на движущую силу F_A . В то время как инерция масс роликов противодействует движущей силе в прямом соответствии с переменными движения (частота вращения, изменения частоты вращения), тормозные силы электродинамических тормозов могут быть установлены точно при помощи управляющих напряжений.

Таким образом для реалистичного моделирования движения автомобиля необходимо воспроизводить в правильной пропорции все силы, противодействующие приводу автомобиля, для каждого состояния движения.

4. Основные условия организации работы мощного стенда

Высококачественное диагностическое оборудование для проведения мощностных и экологических испытаний требует некоторых базовых условий для того, чтобы быть в состоянии выдавать точные и воспроизводимые результаты испытаний в сочетании с приемлемым уровнем эксплуатационной безопасности.



Конструкционные условия для установки современных колесных мощностных стендов могут быть столь же различны, как и различны их возможные применения. В самом простом варианте, динамометр состоит из одного роликового агрегата, который крепится к полу в испытательном помещении без каких-либо дополнительных структурных изменений (напольный монтаж стенда).

Для заезда на стенд должны быть предусмотрены соответствующим образом сконструированные ramпы (пандусы). Напольные динамометры с одним роликовым агрегатом могут быть сравнительно легко интегрированы в существующую среду. Поэтому они пригодны для пользователей, которые, например, хотят оставаться гибкими с точки зрения пространства или по другим причинам желают избежать дополнительных затрат на изготовление фундамента для динамометра.



Напольный мощностной стенд обладает высокой мобильностью, что позволяет устраивать выездные мощностные испытания.

Для монтажа мощностных стендов вровень с полом необходима подготовка фундамента.

В зависимости от конструктивных условий, выбор установки динамометра вровень с полом, помимо более высоких капитальных затрат, также требует долгосрочного планирования.

В обоих случаях, рынок дает возможность адаптировать динамометр к конкретным требованиям, не требуя дорогостоящих индивидуальных конструкций с помощью подходящей комбинации готовых компонентов. Возможности для индивидуальных решений, однако, не имеют практически никаких ограничений и, в



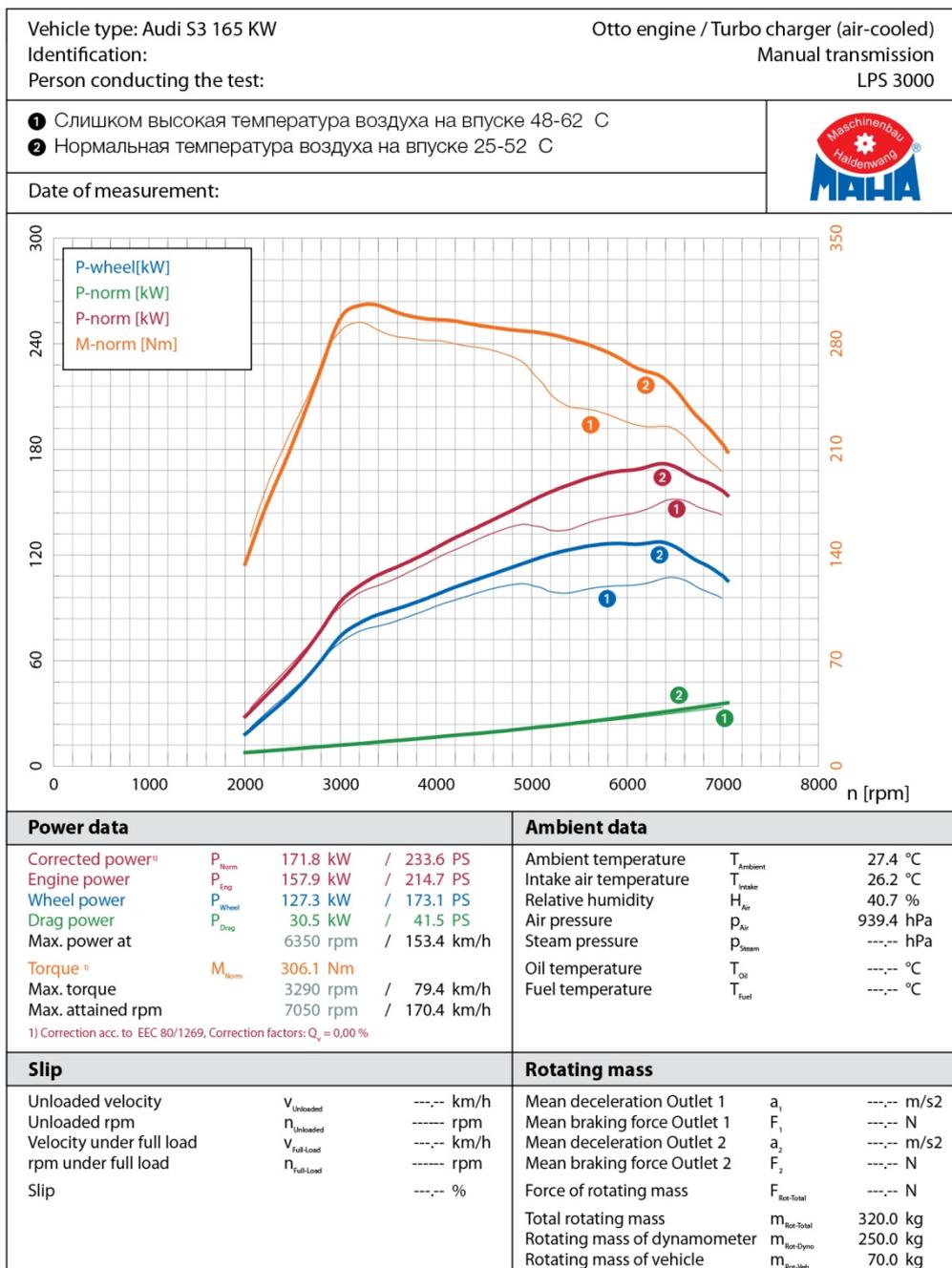
Основательная подготовка: роликовый агрегат, монтируемый вровень с полом, требует изготовления фундамента.

частности, в промышленном секторе, часто приводят к дорогим нестандартным решениям. Здесь универсальные структурные требования могут быть сформулированы очень ограниченно.

В любом случае, функционирование динамометра будет действительно разумным и логичным, если пользователь понимает, что для таких видов измерения нужно не только установить динамометр - что профессиональная работа с современными процедурами мощностных и экологических испытаний означает, что взаимодействие между динамометром и транспортным средством следует рассматривать в качестве взаимозависимой термодинамической системы, т.е. температура в диагностическом помещении имеет большое значение для получения качественных результатов испытаний.



Адекватная система вентиляции, а в некоторых случаях и кондиционирования помещения, где установлен динамометр, может легко удвоить бюджет инвестирования. Однако, было бы контрпродуктивно пренебрегать этим чрезвычайно важным аспектом. Это происходит потому, что, как уже было подчеркнуто во многих опубликованных работах и материалах, современные системы управления двигателем очень чувствительны к условиям окружающей среды во время мощностных измерений. Обратите внимание на расположенный рядом образец распечатки мощностных испытания двигателя, работающего по циклу Отто, ясно представляющий описываемую проблему.



Помощь в принятии решений: Те, кто стремится к экономии при создании адекватной системы вентиляции, должны присмотреться к этим результатам. Современные двигатели чрезвычайно чувствительны к температуре.

Первый тест (тонкая линия) проводилась при особо неблагоприятных условиях: температура в помещении, где проводилось испытание, была относительно высокой, и интеркулер работал не идеально. В результате, температура всасываемого воздуха поднялась с 48 °C до 62 °C во время испытания. Система управления двигателем активировала защитные компоненты и тем самым снизила мощность двигателя. На распечатке это показано ясно видимым снижением мощности почти во всем диапазоне оборотов и реальным падением мощности примерно с 5000 об/мин. Второе испытание,

при улучшенных температурных условиях (температура интеркулера от 25 ° С до 52 ° С), показывает, соответственно, другие результаты.

Половина дела: мощностные испытания без вентиляции

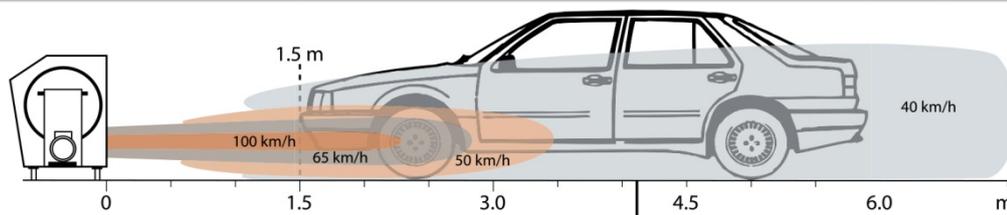
Неоптимальные температурные условия оказывают значительное негативное влияние на профессиональное мощностное испытание современной автомобильной техники и могут даже сделать его невозможным. Этот аспект мощностных испытаний нельзя игнорировать. Поэтому пояснения касающиеся вентиляции имеют решающее значение для качества результатов испытаний.

В любом случае, пользователи, которые используют свои динамометры без соответствующей системы вентиляции иногда или только для измерения старых транспортных средств должны спросить себя, действительно ли такое применение оборудование дает правильные результаты с учетом сделанных инвестиций. Это очень важный вопрос, который нельзя игнорировать.

4.1 Вентиляция

Помещение, в котором установлен мощностной стенд должно соответствовать требованиям, установленным законодательством для автообслуживающих предприятий. Кроме того, достаточный приток свежего воздуха и вентканалы соответствующих размеров, в частности, имеют большое значение - не только для здоровья обслуживающего персонала, но и, прежде всего, для получения качественных результатов измерений. Как уже было отмечено выше, регулирующие устройства современных автомобилей автоматически уменьшают мощность двигателя в случае высокой температуры всасываемого воздуха, чтобы защитить чувствительные компоненты. Этот процесс может быть инициирован даже при температуре 50 ° С в непосредственной близости от датчика температуры всасываемого воздуха. Мощностное испытание в теплые летние дни без эффективной системы кондиционирования воздуха также может быть проблематичным для современных транспортных средств.

Расположение вентилятора охлаждения требует осторожного подхода для получения оптимального охлаждающего эффекта.



Грубая оценка теплового баланса помещения диагностики выявляет суть проблемы. Основным решающим фактором является энергия топлива. Возьмем энергию топлива за 100% и представим ее расход следующим образом:

P1 29% = мощность двигателя (механическая)

Эффективность во всем диапазоне частот вращения

P2 23% = тепловые потери через блок и компоненты двигателя

P3 20% = тепло, отводимое теплоносителем (передается через систему охлаждения автомобиля)

P4 14% = отвод тепла от поверхности выхлопной системы автомобиля

P5 14% = тепло, отводимое выхлопными газами

Поскольку P1 превращается в тепловую энергию с помощью электродинамического тормоза, то она, как правило, выбрасывается в помещение диагностики; в то время как P5, с другой стороны, удаляется с помощью системы удаления выхлопных газов, количество тепла выделяемого в помещении равно $P1 + P2 + P3 + P4$. Мощность двигателя, подлежащего испытанию, как правило, известна. Если принять ее за единицу, мы получаем следующие факторы:

P1 мощность двигателя	1
P2 тепловой поток поверхности блока цилиндров двигателя	0,8
P3 система охлаждения	0,7
P4 выхлопная система	0,5

В таком случае количество тепла, выделенное в помещение диагностики, составляет: $0,8 + 1 + 0,7 + 0,5 = 3$. Следовательно, количество энергии, произведенной двигателем, втроекратно аккумулируется в виде выделенного тепла.

Пример 1

P ₁ мощность двигателя	= 100 кВт
P ₂ тепловой поток поверхности блока цилиндров двигателя	$0,8 \cdot 100 = 80$ кВт
P ₃ система охлаждения	$0,7 \cdot 100 = 70$ кВт
P ₄ выхлопная система	$0,5 \cdot 100 = 50$ кВт
<hr/>	
Тепловая нагрузка в помещении	= 300 кВт

Если организовать отдельную схему отвода тепла от электродинамических тормозов (энергия P1), объемная тепловая нагрузка может быть значительно снижена. Таким образом, количество тепла в помещении диагностики будет $0,8 + 0,7 + 0,5 = 2$. В таком случае будет происходить двойное накопление энергии, выработанной двигателем, в виде тепла.

Пример 2

P_2 тепловой поток поверхности блока цилиндров двигателя $0,8 \cdot 100 = 80 \text{ кВт}$

P_3 система охлаждения $0,7 \cdot 100 = 70 \text{ кВт}$

P_4 выхлопная система $0,5 \cdot 100 = 50 \text{ кВт}$

Тепловая нагрузка в помещении $= 200 \text{ кВт}$

Типичный режим измерения максимальной мощности на стенде с беговыми барабанами длится в среднем 1,5 минуты для легковых автомобилей и от 3 до 4 минут для грузового транспорта. Затем, как правило, следует перерыв, в течение которого производятся регулировки и т.п. и автомобиль остывает.

В соответствии с правилами, действующими в Германии в настоящий момент, кратность обмена воздуха должна быть в пределах 10-15 раз в час для помещений с площадью до 100 м² от 5 до 8 раз в час в помещениях площадью более 100 м². Для этого требуется организовать воздушный поток мощностью около 5000 м³/ч для площади 100 м².

С учетом рассмотренного теплового баланса помещения диагностики, однако, этих величин определенно недостаточно. Наряду с размером помещения, в расчетах, безусловно, необходимо учитывать тепловую емкость стен и других строительных конструкций. Кроме того очень большую роль играют естественно, мощность тестируемых двигателей, а также интенсивность и частота проведения испытаний. Что касается критической температуры всасываемого воздуха, оператор еще на стадии планирования должен также определить допустимое увеличение температуры в помещении.

Опыт показывает, что при полностью открытой дроссельной заслонке может быть достигнута мощность более чем 25000 м³/ч и скорость 90 км/ч охлаждающего потока воздуха. Также необходимо учесть, что из-за теплового излучения от выхлопной системы автомобиля, необходимо обеспечить достаточный поток



Для горячих голов: Области в подкапотном пространстве, которые страдают от избытка тепла, могут дополнительно охлаждаться с помощью мобильных вентустановок.



Специальные решения для специальных требований: Дополнительное охлаждение для высокомоощного заднемоторного автомобиля.

охлаждающего воздуха под его днище.

Для целенаправленного охлаждения отдельных компонентов в подкапотном пространстве рекомендуется применять дополнительные мобильные вентиляторы, создающие узконаправленные воздушные потоки. Такие устройства особенно полезны при задне- или среднемоторной компоновке автомобилей, когда фронтально расположенный вентилятор охлаждения не достаточен для обеспечения нужного температурного режима для, например, турбин.

Если, однако, именно такие автомобили планируется тестировать по большей части, то надо сразу при планировании помещения диагностики учитывать особенности системы вентиляции.



4.2 Система удаления отработанных газов



Много горячего выхлопа: Системы удаления выхлопных газов при мощностных испытаниях должны отвечать значительно более высоким требованиям, чем в обычном сервисе.

Уровень выбросов в мощностных испытаниях зависит от проверяемого транспортного средства. Наиболее важными влияющими факторами являются объем двигателя и частота вращения, а также метод горения (принудительное зажигание или самовоспламенения).

Приведем общепринятую выражение для определения размеров систем удаления выхлопных газов:

$$V = 1,2 \cdot V_h \cdot 0,0363 \cdot n$$

V = требуемый объем удаления ($\text{м}^3/\text{ч}$)

V_h = объем двигателя автомобиля (л)

n = частота вращения испытуемого двигателя (мин^{-1})

0,0363 = коэффициент

1,2 = доля свежего воздуха составляет 20%

Обычно применяемые в автосервисах без динамометров системы удаления отработанных газов предназначена только для обычных экологических испытаний и сервисных работ и, поэтому, не подходят для мощностных испытаний. На практике они, как правило, рассчитываются следующим образом:

Легковой сервис. Зона ТО и ремонта	Легковой сервис. Диагностические станции и экологические посты	Грузовой сервис. Зона ТО и ремонта	Грузовой сервис. Диагностические станции и экологические посты
Диаметр шланга 100 мм	Диаметр шланга 150 мм	Диаметр шланга 125-150 мм	Диаметр шланга 200 мм
350-450 м ³ /ч	700-1200 м ³ /ч	700-1200 м ³ /ч	1700-2800 м ³ /ч

Пример расчетов по приведенной выше формуле:

Пример 1

Легковой автомобиль с двигателем объемом 3,0 л,

Сервисные работы со средним оборотами

до 3000 мин-1

$$V = 3,0 \cdot 3000 \cdot 0,0363 \cdot 1,2$$

$$V = 392,04 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Пример 2

Тяжелый грузовой автомобиль с двигателем объемом 12,0 л,

Сервисные работы со средним оборотами

до 1500 мин-1

$$V = 12,0 \cdot 1500 \cdot 0,0363 \cdot 1,2$$

$$V = 784,08 \text{ м}^3/\text{ч}$$

При мощностных испытаниях двигатели работают под большими нагрузками на высоких оборотах. Соответственно высока температура выхлопных газов и воздуха. Выхлопные газы, в основном, могут быть удалены с помощью шланговой системы с производительностью более 3000 м³/ч или при помощи встроенной подземной системы с подъемными газозаборными кожухами с производительностью около 10000 м³/ч. Поэтому для более точного расчета системы удаления отработанных газов при мощностных испытаниях применяют следующее выражение:

$$V_t = V_{ht} (v \text{ } ^\circ \text{C: } 273 \text{ Кельвинов}) \cdot \lambda$$

λ = объемная эффективность, принимает значение от 0,85 (без турбонаддува) до приблизительно 1,9 (В зависимости от двигателя и производителя)

Пример 1

Легковой автомобиль, двигатель 5,547 л, 5000

мин-1, температура 500 ° С,

$\lambda = 1,0$

$V_t = 5547 \cdot 5000 \cdot 0,0363 \cdot 1.2$

$\cdot 500: 273 \cdot 1,0$

$V_t = 2212,71 \text{ м}^3/\text{ч}$

Пример 2

Грузовой автомобиль, двигатель 18,273 л,

2300 мин-1, температура 500 ° С,

$\lambda = 1,5$

$V_t = 18273 \cdot 2300 \cdot 0,0363 \cdot 1.2$

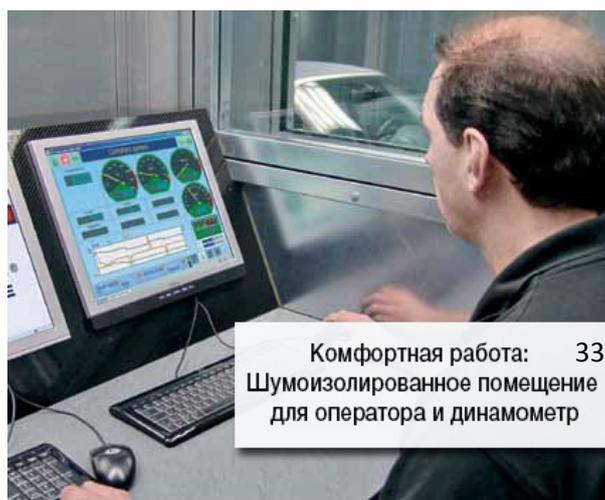
$\cdot 500: 273 \cdot 1,5$

$V_t = 5029,49 \text{ м}^3/\text{ч}$

Кроме того, система удаления отработанных газов должна соответствовать индивидуальным требованиям владельца стенда. К основным критериям здесь можно отнести, например, особенности конструкции здания, назначение и интенсивность использования мощностного стенда. Следует всегда уделять внимание соответствующей температурной стойкости элементов системы, в особенности ее гибких элементов – шлангов: резиновые шланги, применяемые в обычном сервисе не могут справиться с высокими температурами ОГ при мощностных испытаниях. Запрещается объединять системы удаления ОГ с системами удаления сварочных газов, подсоединять их к общему вытяжному вентилятору, так как в этом случае могут быть созданы огне- и взрывоопасные газовые смеси.

4.3 Звукоизоляция

При проведении мощностных испытаний на динамометрах создается значительный уровень шума. Часть времени автомобиль работает при полностью нажатой педали газа и перегазовках, также и шум, производимый шинами на роликах динамометра, значительно громче, чем на



Комфортная работа: 33
Шумоизолированное помещение
для оператора и динамометр

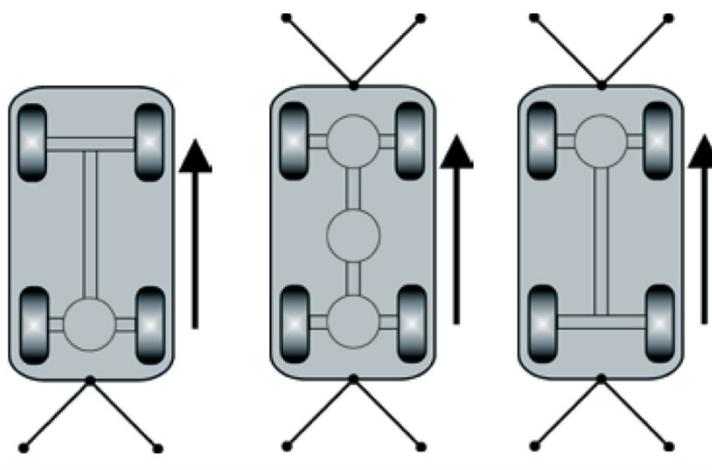
дороге и подвижные части самого динамометра тоже создают дополнительный шум. В силу всего сказанного, чтобы исключить нанесение вреда здоровью, при мощностных испытаниях следует применять устройства защиты органов слуха, одобренные для уровня шума 120 дБ (А) и выше.

Меры эффективной шумоизоляции необходимо рассматривать и применять уже на стадии проектирования и монтажа динамометра. Решения необходимо принимать на базе рассмотрения и анализа широкого спектра вопросов: Какова конструкция здания? Какие технические решения необходимы, и какие из них могут быть реализованы? Например, создаваемый двигателем шум может передаваться через систему вентиляции или шум от вибрации конструкций может распространяться через фундамент. Поэтому существует большая разница, например, в каком здании расположен динамометр – бетонном или из металлоконструкций, или нужна ли шумозащита находящихся по соседству офисов или жилых помещений – все эти моменты необходимо принимать во внимание. Динамометр всегда должна быть абсолютно устойчиво установлен в своем фундаменте, поэтому он может быть акустически не изолирован при помощи виброамортизаторов или других похожих устройств. В связи с этим решающее значение на процессы передачи вибраций и корпусного шума на прочие конструкции здания приобретает материал, из которого сделаны фундамент и пол в помещении. Может быть, в некоторых случаях необходимым решением станет собственный фундамент для динамометра.

Идеальным местом для динамометра является отдельное здание с шумоизоляцией и системой удаления отработанных газов с достаточного размера глушителями. Наилучшим образом организованное рабочее место оператора – отдельная комната с возможностью управлять работой стенда и звукоизолированным окном в тестовое помещение.

4.4 Безопасность автомобиля

Переднеприводные и полноприводные автомобили закрепляют в передней и задней части; автомобили с задним приводом, в основном закрепляют сзади.

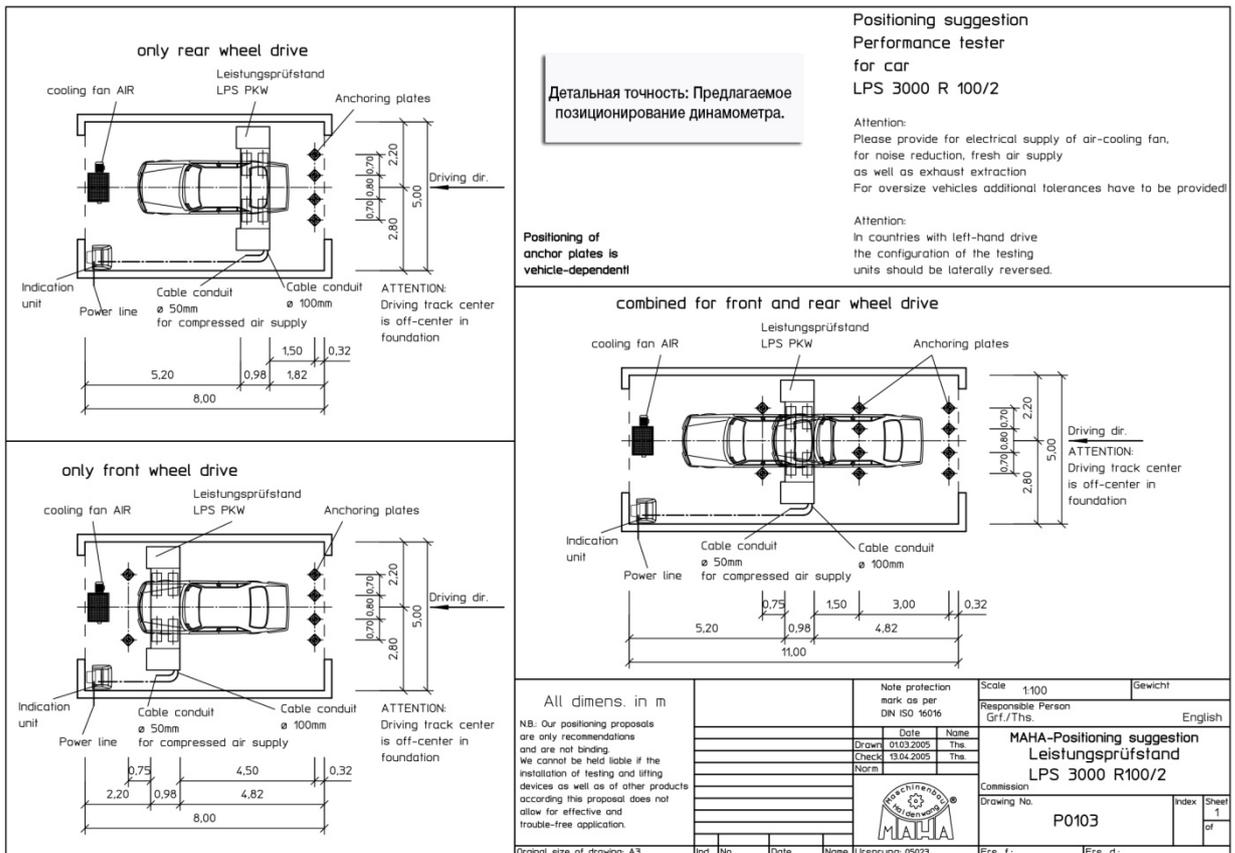


Для закрепления обычных легковых автомобилей применяют ремни с тяговым усилием не менее 2000 даН, которые устанавливаются на стандартные буксировочные устройства автомобиля. На монороликовых динамометрах автомобили должны фиксироваться за жесткие неподвижные части осей.

Удерживающие стропы должны иметь достаточное натяжение, но при этом не тянуть автомобиль вниз. Ремней с открытыми крючками следует избегать, поскольку они могут ослабнуть при проведении измерений. Не оставляйте свободными концы ремней, поток охлаждающего воздуха может затянуть их под колеса или в ролики стенда.



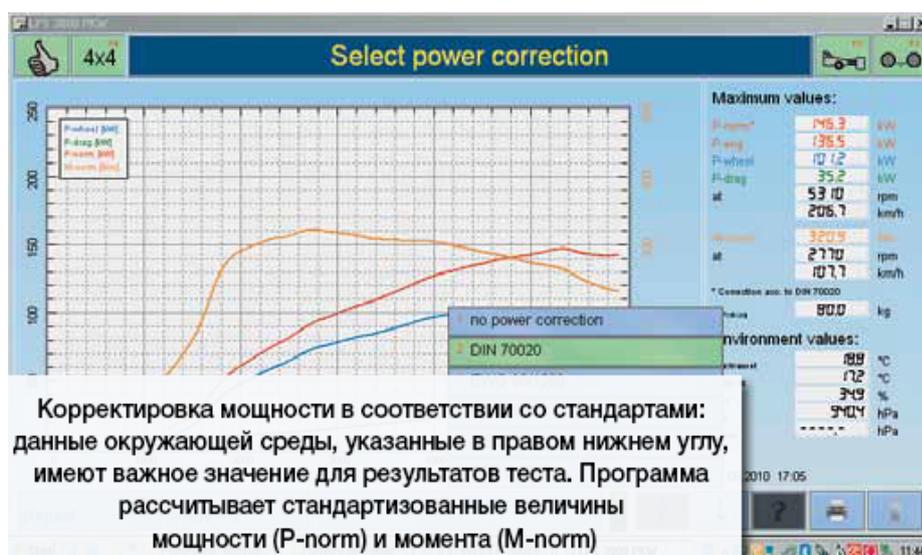
Ремни также могут быть повреждены горячими выхлопными газами или частями глушителей, поэтому необходимо при выборе места установки ремней нужно предусмотреть достаточное безопасное расстояние. На монороликовых стендах автомобили должны быть установлены очень точно и надежно, поэтому для фиксации в задней части применяют только стальные цепи или тросы, а спереди - мощные ремни. Для крепления стропочной системы к полу помещения уже на стадии проектирования необходимо определить оптимальное расположение анкерных точек с учетом расстояния до точек фиксации на автомобиле. Для динамометров с приводом на одну ось расположение точек фиксации для передне- и заднеприводных автомобилей отличается на несколько метров (см. чертеж ниже).



5. Испытания

В повседневной жизни под мощностью автомобиля понимается эффективная мощность двигателя внутреннего сгорания. При помощи этой величины можно сравнивать автомобили между собой.

Напрямую мощность ни на моторном ни на колесном мощностных стендах не измеряется, а рассчитывается посредством умножения крутящего момента на частоту вращения. Крутящий момент (то есть вращающая сила на сцеплении) создается силой на поршне, действующей на плече - колене коленчатого вала. Действующая на поршень сила, в свою очередь, происходит от давления сгорания и площади поршня и в этом отношении, в значительной степени, зависит от процессов сгорания и, следовательно, также от разных условий окружающей среды.



Указанные в стандартах базовые (или нормальные) условия окружающей среды предписывают, например, давление воздуха 1013 hPa и температуру воздуха 20 ° C. Динамометрический стенд должен быть в состоянии измерить и оценить данные окружающей среды для получения сопоставимых результатов мощностных измерений.

Например, изменение высоты над уровнем моря на 100 м дает падение эффективной мощности приблизительно на 1%. Эта величина может показаться не слишком большой, принимая во внимание, что современные высококачественные динамометры имеют погрешность измерения около 2%. На практике, однако, если не учитывать и не корректировать величину изменения давления воздуха, то можно получить значительную разницу в измерениях в зависимости от того, установлен ли динамометр в Альгое (приблизительно 900 м над уровнем моря) или в Гамбурге (примерно на уровне моря). То же самое касается других факторов, оказывающих влияние на результаты измерений и которые, следовательно, стандартизованы.

Колесный мощностной стенд определяет эффективную и скорректированную мощность не по силе, создаваемой на коленчатом валу двигателя, а по усилиям на ведущих колесах автомобиля. Поэтому он измеряет колесную или тяговую мощность. Также следует отметить, сопротивление качению на динамометре значительно выше чем на дороге. Также динамометр сам по себе является причиной возникновения дополнительных потерь мощности, которые, по сути, должны быть компенсированы работающим двигателем. Не следует забывать и о потерях мощности в трансмиссии самого

автомобиля. В целом рассеиваемая мощность или мощность механических потерь на дороге значительно ниже чем на динамометре. Динамометр вычисляет скорректированную мощность на основании измеренной колесной мощности колеса и мощности механических потерь. Для определения последней в обычных динамометрах используют простые, общие, часто эмпирические коэффициенты коррекции, поскольку они могут измерить только колесную мощность, но не мощность механических потерь. Всего лишь несколько динамометров, с другой стороны, могут на самом деле точно измерить потери в трансмиссии с высоким уровнем воспроизводимости. Далее в этой статье будет показано, как это работает. Эта теория имеет важное значение для понимания и надлежащей оценки современных концепций мощностных испытаний. Затем мы рассмотрим практические аспекты мощностных испытаний на колесных стендах.

Мощность на дороге по сравнению с мощностью на роликах

Современный полноприводный автомобиль с заявленной производителем мощностью 294 кВт (400 л.с.) на стенде показывает, возможно, 184 кВт (250 PS) "мощности на колесах". Где недостающее 110 кВт (150 л.с.)? Ответ: Большая часть этих 110 кВт использованы для преодоления потерь в трансмиссии, начиная с коленчатого вала двигателя, и особенно между автомобилем и динамометром (шины / ролики) и в самом динамометре. Поэтому на дороге заметно больше "мощности на колесах", так как потери за счет, например, деформации шин, меньше, чем на динамометре.

5.1 Теория

5.1.1 Колесная мощность

Двигатель приводит в движение колеса, и они, в свою очередь вращают ролики динамометра с движущей силой F_A . При этом окружные скорости колес и роликов стенда одинаковы. Ее можно рассчитать, используя частоту вращения роликов и соответствующую скорость автомобиля. Изменение этой окружной скорости, достигаемое за счет изменения частоты вращения роликов, есть не что иное как ускорение автомобиля.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Движущая сила F_A создает крутящий момент M_A на вращающихся частях (роликах) динамометра, ускоряющих вращающиеся массы, также известные как моменты инерции, и приводит их в движение.

Для затормаживания этого ускорения вращения в качестве нагрузки применяют электродинамический тормоз, создающий на роликах противоположенный крутящий момент M_B . Величина развиваемого крутящего момента регистрируется тензобалкой, которой плавающий корпус электродинамического тормоза опирается на раму стенда. Справедливо следующее выражение:

$$M_A = J_{Dyna} \dot{\omega} + M_B,$$

где: M_A = крутящий момент, создаваемый на вращающихся массах динамометра движущей силой на колесах;

$J_{\text{Дуно}}$ = моменты инерции вращающихся масс динамометр;

$\dot{\omega}$ = угловое ускорение вращающихся масс динамометра;

M_B = приложенный тормозной момент электродинамического тормоза.

Если все крутящие моменты и вращающиеся массы динамометра привести к окружности ролика или площади контакта колеса автомобиля, то будет справедливым следующее:

$$F_A = (m_{\text{Дуно}} + m_{\text{Rot}}) a + F_B,$$

где : $m_{\text{Дуно}}$ = вращающиеся массы динамометра приведенные к окружности ролика
(= приведенная масса, соответствующая моменту инерции $J_{\text{Дуно}}$);

m_{Rot} = приведенная масса вращающихся частей трансмиссии;

a = ускорение на поверхности (= ускорение колеса или автомобиля);

F_B = приложенная электродинамическим тормозом сила.

Движущую силу F_A и, следовательно, приводную мощность P_A можно рассчитать зная $m_{\text{Дуно}}$ динамометра, регулируемую и (при помощи тензодатчика) измеряемую силу F_B , переменные движения V и a (которая в любой момент времени могут быть рассчитаны по частоте вращения роликов и ее изменению):

$$P_A(t) = F_A(t) \times v(t)$$

5.1.2 Мощность механических потерь / рассеиваемая мощность

В трансмиссии есть потери. Таким образом, мощность двигателя РМ включает в себя как рассеиваемая мощность P_V и движущая мощность P_A . Для того чтобы определить мощность двигателя, нужно знать мощность рассеяния или мощность механических потерь. Для измерения мощности механических потерь в соответствии с технологией измерений трансмиссию рассоединяют с двигателем при достижении наивысшей скорости на соответствующей передаче, то есть на максимально достигнутой частоте вращения роликов стенда. В случае механической коробки передач выжимают сцепление; в случае автоматической трансмиссии селектор АКПП переводится в нейтральное положение. Затем все вращающиеся части продолжают затухающее движение до состояния неподвижности. К этим вращающимся частям относятся как элементы динамометра, так и элементы трансмиссии автомобиля, включая колеса. Остановка вращения всех этих частей происходит под действием сил трения и сопротивления в трансмиссии автомобиля и мощностного стенда.

Предполагая, что трение в трансмиссии существенно способствует этому и поэтому тормозит ролики стенда в совокупности с движущимися массами автомобиля, уравнение (1) ниже - в свою очередь, получается на окружности ролика - следующим образом:

$$(m_{\text{Дуно}} + m_{\text{Rot}}) \cdot a_1 = F_V,$$

где F_V = сила трения и сопротивления в трансмиссии

Отрицательное (из-за того, что оно вызывает замедление) ускорение a_1 можно, в свою очередь, установить из соответствующих изменений в скорости или частоты вращения. Однако следует отметить, что, с другой стороны, неизвестны значения m_{Rot} и F_V . Для их определения обычно проводят повторное измерение – автомобиль снова разгоняют до

максимальной скорости и затем выжимают сцепление. К этому новому измерению добавляют одну деталь – дополнительную постоянную тормозную силу F_W , создаваемую электродинамическим тормозом. Теперь вышеуказанное выражение принимает следующий вид (2):

$$(m_{\text{Dyno}} + m_{\text{Rot}}) \cdot a_2 = F_V + F_W$$

Влияние дополнительного тормозного усилия приводит к более быстрому достижению состояния покоя. Отрицательное ускорение a_2 теперь больше и скорость теряется быстрее.

$$a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t_2} > a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t_1}$$

Исходя из этого, уравнение (3) для вращающихся масс динамометра и трансмиссии с уравнениями (1) и (2) может быть записано следующим образом:

$$m_{\text{Dyno}} + m_{\text{Rot}} = \frac{(F_V + F_W)}{a_2} = \frac{F_V}{a_1}$$

Вызванное силой трения F_V торможение можно описать следующим образом (4):

$$F_V = F_{\text{Rot}} = \frac{F_W \times a_1}{(a_1 - a_2)}$$

Для мощности рассеяния или мощности механических потерь в отношении к скорости мы имеем (5):

$$P_v(v) = P_X(v) = F_v \cdot v = F_{\text{Rot}} \cdot V$$

На практике, некоторые динамометры учитывают даже тормозные силы, созданные остаточной магнитной силой незапитанного электродинамического тормоза в ходе первоначального испытания. Эти «паразитные потери» измеряются с помощью силы сопротивления F_1 на электродинамическом тормозе. Сила сопротивления F_1 суммируется в уравнении (1) как F_V или F_{Rot} . Поэтому уравнение (1) теперь может быть представлено следующим образом (1*):

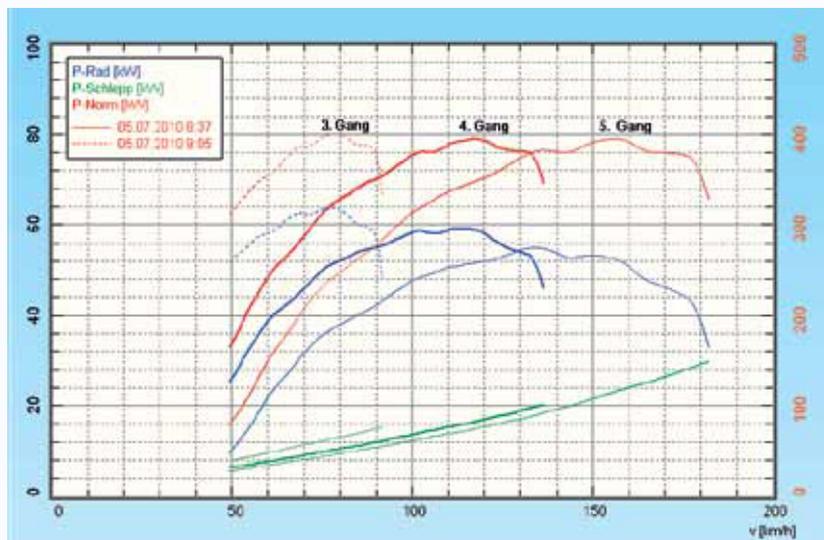
$$(m_{\text{Dyno}} + m_{\text{Rot}}) \cdot a_1 = F_V + F_1$$

Измерение мощности механических потерь

Диаграмма показывает внешнюю скоростную характеристику, снятую на легковом автомобиле на третьей, четвертой и пятой передачах. Что характерно - обычные динамометры не измеряют мощность механических потерь (зеленые графики) или определяют его просто с помощью эмпирических поправочных коэффициентов. Результат: если измерение производится не на предписанной передаче или если есть изменения в трансмиссии в целом, например, установлены другие колеса, эти факторы и, следовательно, мощность потерь в трансмиссии будут некорректными. Если она затем добавляется к измеренной колесной мощности (синяя кривая), то результат - эффективная мощность (красная кривая) будет неизбежно другой (неточный или неправильный).

В представленных на диаграмме результатах измерения мощности на трех различных передачах мощность механических потерь была в действительности измерена в

соответствии с принципами, изложенными ранее. В действительности, колесная мощность также изменяется в каждом конкретном случае при общем изменении передачи. Скорректированная (нормированная) же мощность, являющаяся суммой колесной мощности и мощности механических потерь, при этом принципе измерения всегда остается постоянной. Минимальные различия, видимые на графиках, объясняются различными потерями на трение на разных передачах в КПП.



Для того, чтобы иметь возможность различать сопротивление F_1 обесточенного электродинамического тормоза в первом испытании и силу электродинамического тормоза F_2 , применяемую во втором тесте, справедливо следующее: $F_2 = F_1$. Уравнение (4), следовательно, будет записано (4 *):

$$F_V = F_{Rot} = \frac{(F_2 \cdot a_1 - F_1 \cdot a_2)}{(a_2 - a_1)}$$

В случае вращающихся масс динамометра m_{Dyna} , вращающиеся массы автомобильной трансмиссии m_{Rot} можно рассчитать с помощью уравнений (1), (1 *) или (2).

5.1.3 Эффективная мощность

Зная колесную мощность (P_A) и мощность механических потерь (P_X), мы получим эффективную мощность:

$$P_M(V) = P_A(V) + P_X(V)$$

Теперь на мониторе отражаются колесная мощность, мощность механических потерь и эффективная мощность.

5.1.4 Крутящий момент двигателя

Для двигателя и эффективной мощности действительно следующее:

$$P_M = M_M \cdot \omega = M_M \cdot 2\pi \cdot n$$

где: M_M = крутящий момент двигателя;

n = частота вращения;

ω = угловая скорость.

Если частота вращения двигателя измеряется соответствующим образом в каждой фазе движения, крутящий момент при любой скорости можно рассчитать следующим образом:

$$M_M[\text{Нм}] = \frac{9549 \cdot P_M [\text{кВт}]}{n [\text{мин}^{-1}]}$$

Константы и точки пересечения:

Джеймс Уатт в современных мощностных диаграммах

Если в динамометре кривые мощности и крутящего момента рассчитываются в соответствии с английским или американским стандартом, то бросается в глаза, что они всегда пересекаются при 5252 оборотах в минуту. Мощность (в л.с. - hp) и крутящий момент точно равны в этой точке. При частоте вращения менее 5252 об/мин, крутящий момент выше, чем мощность, и наоборот при частоте больше чем 5252 об/мин.

Эта константа происходит из определения мощности, данного Джеймсом Уаттом (см главу 2):

$$P[\text{hp}] = 33000 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}_f}{n}$$

Из $M[\text{hp}] = F[\text{N}] \cdot r[\text{m}]$ мы получим (а)

$$F[\text{N}] = \frac{M[\text{Nm}]}{r[\text{m}]}$$

Из $\frac{s[\text{m}]}{n [\text{мин}^{-1}]} = \frac{r[\text{m}]}{2 \pi}$ мы получим (б)

$$\frac{s[\text{m}]}{t[\text{s}]} = \frac{r[\text{m}] \cdot 2 \pi}{n[\text{m}]}$$

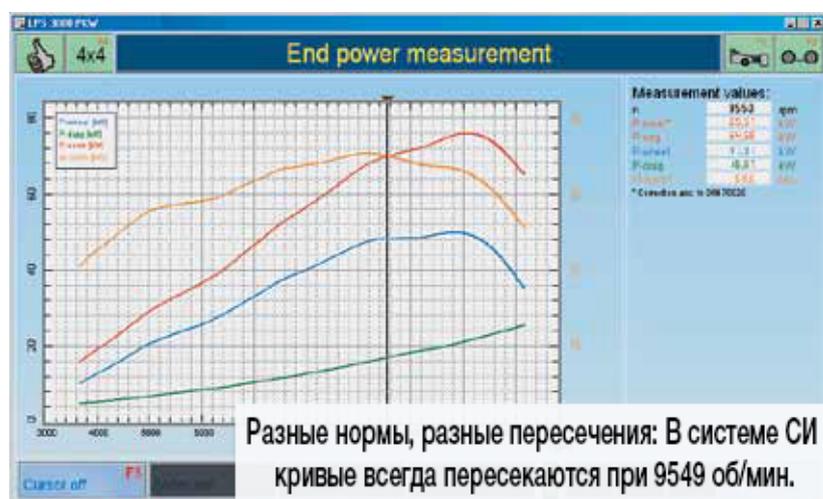
Мы знаем (в) $P[\text{hp}] = \frac{F[\text{N}] \cdot s[\text{m}]}{t[\text{s}]}$

Подставим (а) и (б) в (в) и получим:

$$P[\text{hp}] = \frac{M[\text{Nm}]}{r[\text{m}]} \cdot \frac{r[\text{m}] \cdot 2 \pi}{n[\text{m}]}$$

Для определения мощности это выражение разделим на 33000. Со значением 2π , округленным до 6,2832, мы получим:

$$P[\text{hp}] = \frac{M[\text{Nm}] \cdot n[\text{мин}^{-1}]}{5252}$$



Описанное выше явление в измерениях мощности и крутящего момента также проявляется и в случае со стандартами СИ (кВт), но уже при частоте 9549 об/мин.

Это вытекает из формулы расчета мощности из раздела 5.1.4:

$$P_M = M_M \cdot \omega = M_M \cdot 2\pi \cdot n$$

где: M_M = крутящий момент двигателя;

n = частота вращения;

ω = угловая скорость.

Следовательно, мы получаем постоянную 9549 (для мощности в Вт) от частного $\frac{60}{2\pi}$.

5.1.5 Упрощенное измерение для легковых автомобилей

Серийные испытания на легковых автомобилях показали, что для среднего легкового автомобиля, вращающаяся маховая масса привода не сильно зависит от автомобиля. Для колес размером до 17" существует типичное среднее значение 60 кг на роликовый агрегат. Для колес 18" и 19" следует принимать значение 70 кг, для 20" - 80 кг. Для

тяжелых внедорожников или транспортеров может быть принята величина 100 кг. С этими эмпирическими данными, принимаемыми для значений маховых масс, проведения второго измерения не требуется.

С другой стороны, на грузовых автомобилях маховые массы заметно больше, они также в значительной степени зависят от автомобиля. Для повышения точности в этом случае второе испытание абсолютно необходимо. Для тяжелых транспортных средств, мощность измеряется в так называемом дискретном режиме, когда весь диапазон частоты вращения двигателя разбивается на небольшие интервалы и в каждом из них производится измерение мощности при постоянных оборотах.



5.2 Практические советы



Мощностное испытание на роликовых динамометрах представляет потенциальную опасность как для испытуемого автомобиля, так и для здоровья людей, участвующих в измерениях.

В связи с этим перед проведением измерения необходимо проверить общее техническое состояние автомобиля. Это автомобиль в хорошем состоянии с серийными системами и узлами или с нестандартными, например, элементами или модификациями и ремонтами, которые, как ожидается, могут вызвать осложнения?

При тестовых заездах привод автомобиля будет работать на полном газу, а иногда и на максимальной возможной скорости. В связи с этим при

Берегите ваши уши: Уровень шума в зоне нахождения персонала при проверке мощностных испытаний может быть более 100 дБ. Обязательна соответствующая защита органов слуха.

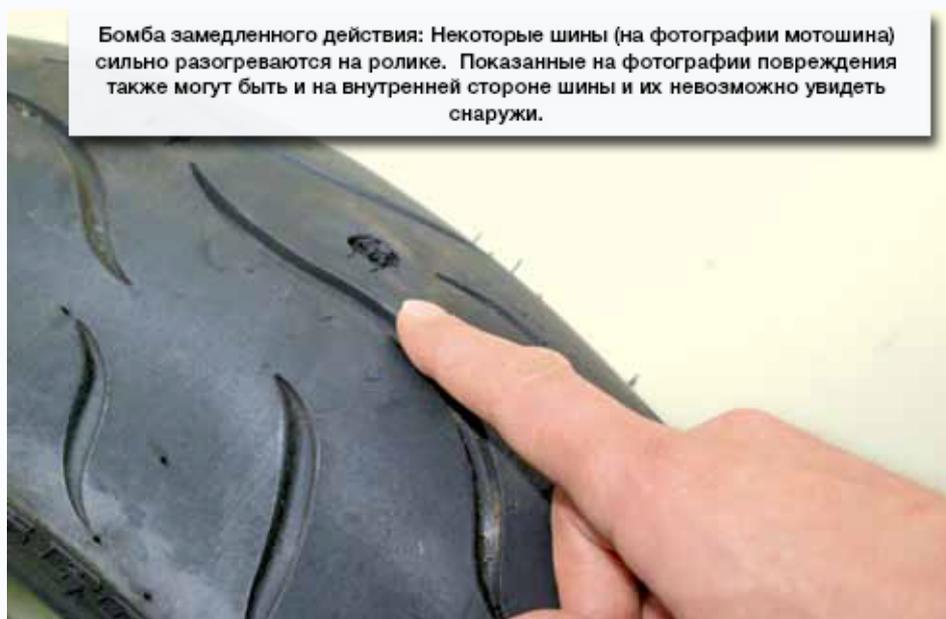


обнаружении при осмотре возможных технических изменений или сомнительного состояния отдельных компонентов должно прекратить подготовку к измерениям. Автомобиль может быть передан для измерения на мощностном стенде только в том случае, если существующие дефекты были профессионально и надлежащим образом отремонтированы. Особое внимание здесь уделяют состоянию осей, подвески, рулевому управлению и трансмиссии, но следует отметить, что и зубчатые ременные приводы также сильно нагружаются при ускорениях. Очень важны состояние и герметичность систем смазки и питания, а также их защита от чрезмерных тепловых воздействий при мощностных испытаниях.

Ролики и шины

При проведении мощностных испытаний на роликовых стендах шины – безусловно критичный объект. Они должны быть, конечно, в безупречном состоянии; они не могут быть ни слишком старые (обратите внимание на код DOT), ни новые, на них не может быть никаких признаков на боковинах или протекторе и они должны иметь минимальный и, прежде всего, равномерный износ. Наименьший размер шины, который может быть безопасно проверен на стендах с двумя роликами под колесом - 13 дюймов при типичном соотношении высоты 75 или 80. Для шин меньшего размера становится количество тепла, выделяемого при деформации шины на двух роликах, становится слишком большим – шина перегревается. По той же причине перед проведением измерений на динамометрах слики и полуслики, восстановленные и зимние шины должны быть заменены стандартными шинами, подходящих для испытаний.

Обязательно следует обратить внимание на правильное давление в шинах и привести его в соответствие с рекомендациями завода-изготовителя. Колеса перед проведением измерений следует внимательно осмотреть, проверить надежность крепления балансировочных грузиков, удалить посторонние предметы из протектора. В противном случае мелкие камни и другие частицы становятся опасными снарядами при испытании со скоростью до 300 км/ч. Скорость испытаний автомобиля на динамометре должна соответствовать индексу скорости шин.



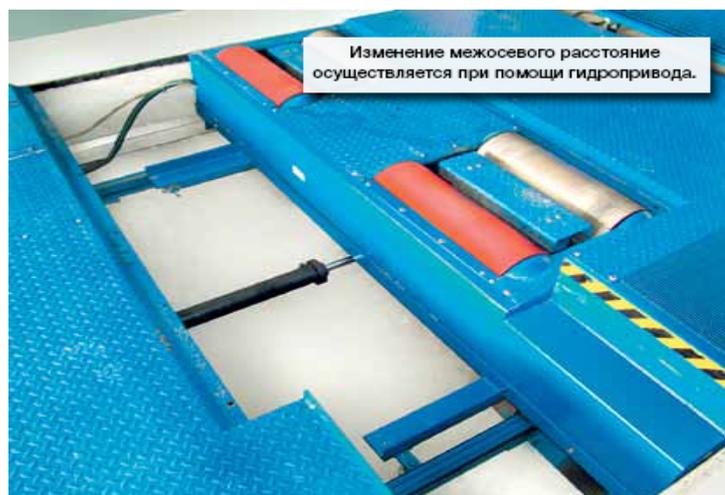
Бомба замедленного действия: Некоторые шины (на фотографии мотошина) сильно разогреваются на ролике. Показанные на фотографии повреждения также могут быть и на внутренней стороне шины и их невозможно увидеть снаружи.

Только после того, как будет завершен тщательный подготовительный осмотр, транспортное средство заезжает на динамометр. Для испытания автомобилей с приводом на одну ось с системами динамического контроля, требующими вращения колес обеих осей, необходим полноприводный мощностной стенд. В этом случае идеальная синхронизация вращения колес передней и задней осей достигается использованием электродвигателей для привода роликов в сочетании с эффективными, регулируемые электродинамическими тормозами. Только при использовании таких двухосных динамометров с электронной синхронизацией существует возможность беспрепятственного и эффективного испытания полноприводных автомобилей различных конструкций. Для адаптации стенда к колесной базе автомобиля используют электрогидравлическую систему раздвижения с управлением через дистанционный пульт. Далее отпускают стояночный тормоз выключают сцепление.

Тепло от выхлопной системы под автомобилем может представлять проблему для автомобилей с низкой посадкой или если есть большие передние спойлеры. Для дополнительной подачи охлаждающего воздуха под автомобиль также могут быть использованы мобильные вентиляторы. Дополнительные вентиляторы и другие устройства обеспечивают необходимый искусственный поток воздуха в отдельных случаях, в том числе под днищем автомобиля.



Если колесная база отрегулирована правильно и вентилятор или вентиляторы правильно установлены, транспортное средство будет автоматически самоустанавливаться на роликах стенда при медленном непродолжительном заезде на роликах без нагрузки. Неправильное положение осей и углы установки колес становятся очевидными из-за возникающей недостаточной курсовой устойчивости. На следующем этапе, транспортное средство должно быть закреплено ремнями и стропами к анкерным пластинам.



После этого переходят к процедуре получения необходимых для измерения сигналов – подключению датчиков.



Современные серийно выпускаемые автомобили оборудуются интерфейсами OBD и OBD2, с помощью которых могут быть считаны все необходимые параметры транспортного средства. Тем не менее, поскольку и факторы внешней среды и факторы, характерные для транспортного средства, могут повлиять на результаты испытаний в процессе мощностного измерения на колесном мощностном стенде, также необходимо записывать данные, например, условий окружающей среды и давления воздуха с использованием блока интерфейсов.



Обычно есть несколько вариантов измерения оборотов. Наряду с несколькими способами внешнего измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя, данные по оборотам можно также получать через OBD или в режиме тест-драйв с использованием роликов динамометра; хотя в случае автоматических трансмиссий без муфты блокировки гидротрансформатора, скольжение конвертера искажает это измерение. Динамометры, которые функционируют в соответствии с принципом измерения, описанным ранее однако, могут измерять скольжение конвертера отдельно.

Для современных двигателей также очень важен вопрос температура подаваемого в двигатель воздуха: Откуда приходит подаваемый через OBD сигнал? От

датчика массового расхода воздуха? Или от отдельного датчика на впускном воздушном патрубке? При возникновении сомнений установите внешний датчик температуры приблизительно в 20 см напротив впускного воздушного патрубка. В любом случае, желательно записывать температуру впускного коллектора для нагруженных двигателей с использованием дополнительной точки измерения температуры во впускном коллекторе или непосредственно от шины CAN-Bus. Понятно, что должна быть обеспечена герметичность впускного коллектора.



Кроме того, перед проведением измерения мощности необходимо считать и, при необходимости, удалить ошибки в блоках управления двигателем и коробкой передач. Все электрические нагрузки должны быть отключены и аккумулятор заряжен, по крайней мере, на 90%. Системы контроля тягового усилия и стабилизации автомобиля необходимо деактивировать.

Измеренные напрямую данные vs данные OBD

OBD сигналы не всегда отражают то, что на самом деле происходит. Например, сообщение о 100% открытой дроссельной заслонке может, в действительности, быть получено от датчика, расположенного на акселераторе или с потенциометра, в котором предусмотрены свои собственные допуски и который поэтому показывает полностью

открытую заслонку даже при 80% рабочего цикла. Такие случаи, как этот - не редкость. Также в отдельных случаях надо критически рассматривать задержку сигналов, получаемых через OBD. Если есть сомнения, то, как правило, лучше снимать необходимые сигналы в индивидуальном порядке в соответствующем месте и передавать их в программное обеспечение динамометра через специальный блок интерфейсов.

Эти дополнительные модули позволяют подключать несколько аналоговых и цифровых сигналов для мониторинга параметров автомобиля и окружающей среды.



Некоторые автопроизводители предусматривают специальные диагностические режимы для проверок на мощностных колесных стендах, которые вызываются в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

Перед проведением измерения на автомобиле делают пробный заезд, чтобы разогреть все смазки, подшипники и шины до рабочей температуры. Для увеличения эффективности такой обкатки ее проводят в режиме симуляции нагрузки с небольшим тяговым усилием, например, 500 Н и скоростью до 100 км/ч и т.д. Автомобиль обкатывается, или кондиционируется, в фазе прогрева, длящейся несколько минут. При достижении установленного порогового значения, динамометр регулирует тормозное усилие таким образом, чтобы водитель не смог его превысить. Затем, когда моторное масло достигает примерно 60 ° C, автомобиль достаточно прогрет для измерения, вплоть до колесных подшипников.



После подготовки автомобиля остается еще установить только несколько параметров динамометра: индекс скорости для шин и максимально допустимую частоту вращения

двигателя и предел температуры защищающий от, например, нежелательных перегрузок транспортного средства; также задание маховых масс помогает точно определить колесную мощность и мощность механических потерь.

Когда все приготовления закончены, автомобиль ускоряют и переключают КПП на тестовую передачу, прежде чем скорость достигнет 50 км/ч. Тестовая передача, как правило, это предпоследняя передача, потому что идеальная передача 1:1 обычно следующая. На шестиступенчатых коробках в качестве тестовой передачи также можно выбрать четвертую. Стандартное графическое представление записываемых данных начинается со скорости 50 км/ч. Затем дают полный газ и двигатель разгоняется до достижения максимального значения кривой мощности, показываемой на мониторе. Затем водитель убирает ногу с педали газа и выжимает сцепление, чтобы позволить автомобилю осуществить выбег до состояния покоя с включенной передачей. Программное обеспечение динамометра распознает это изменение нагрузки и начинает запись мощности механических потерь. Выбег до состояния покоя сопровождается записью кривой мощности.

Передаточное отношение трансмиссии не должно изменяться на всем протяжении мощностного измерения. Для автомобилей с автоматическими трансмиссиями это означает, что при ускорении на полном газу, водитель так нажимал педаль газа, чтобы не сработал ни kickdown, ни муфта блокировки гидротрансформатора, а также, чтобы не произошло переключение передач в АКПП. В зависимости от автомобиля и типа трансмиссии целесообразно провести мощностное измерение в ручном режиме, если это возможно, чтобы определить конкретную передачу, пока она не будет перегазована.



Если это возможно: при любых сомнениях лучше всего перевести АКПП в ручной режим (рис. сверху). В автоматическом режиме (рис. внизу) существует опасность переключения во время измерения мощности.



Водитель может сначала "исследовать" поведение соответствующей передачи, проведя несколько пробных попыток, пока не станет возможным провести мощностное испытание без нежелательных переключений передач или изменений нагрузки.

Вместе с колесной мощностью, мощностью механических потерь, эффективной мощностью и моментом на мониторе динамометра в графическом или табличном виде представлены и другие, предварительно выбранные, параметры измерений.

После длительных тестов и вождения при высокой нагрузке, ролики динамометра необходимо охладить холостым заездом в течение нескольких минут без нагрузки. Если этого не сделать, то накопленная теплота может повредить электродинамические тормоза.

При намеренном или случайном превышении максимально допустимой скорости динамометра существует опасность повреждения оборудования и несчастного случая или смерти лиц, находящихся в непосредственной близости от него. Причиной этому является тот факт, что электродинамические тормоза безопасны только до определенной частоты вращения. При превышении этой величины изготовленные из чугуна роторы могут разрушиться.

Кроме того, следует помнить, что ролики динамометра не только создают опасность при работе; если на стенде нет автомобиля или ролики не закрыты защитными крышками, люди могут неожиданно поскользнуться и нанести себе повреждения, попав ногами в ролики. Не стоит повторять, что никому не следует находиться в непосредственной близости от роликового агрегата и что водитель ни при каких обстоятельствах не может покинуть автомобиль во время мощностных измерений.

При проведении испытаний также нельзя находиться позади автомобиля, поскольку существует опасность нанесения повреждений вылетающими из колес частицами. Там, где этого нельзя избежать, необходимо применять специальные надежные защитные экраны, установленные позади колес. В любом случае, для учебных целей желательно иметь комнату с окном, через которое можно наблюдать за измерениями, находясь в защищенном пространстве.

Тестирование полноприводных автомобилей / Система управления распределением мощности привода

Современные конструкции трансмиссий не всегда делают их легкими для пользователей мощностных стендов. Частенько возникают вопросы: автомобиль должно быть испытан как полноприводный или моноприводный? Есть ли опасность того, что дифференциал повышенного трения или аналогичное устройство будет повреждено в результате неосторожного вождения на динамометре? Такое устройство надежно отключает электронную синхронизацию роликовых агрегатов на соответствующим образом построенных динамометрах.

Для того, чтобы выяснить распределение приводной мощности неизвестной системы привода, можно провести медленный пробный заезд без нагрузки обоих роликовых агрегатов. Некоторые системы распределяют тяговые усилия более или менее полностью переменным образом. Такие автомобили просто так на обычных динамометрах не проверишь. Для того, чтобы искусственно не провоцировать собственную систему управления автомобиля, высококачественные динамометры могут эффективно определять и гармонично регулировать распределение мощности привода с использованием электродинамических тормозов и электродвигателей. Современные промышленные динамометрические технологии позволяют тестировать перспективные полноприводные концепции на колесных мощностных стендах.

6. Примеры применения

6.1 Оптимизация технических характеристик

Из того, что было сказано до сих пор ясно, что современные процедуры мощностных и экологических испытаний обеспечивают возможность проверки больше чем "просто" мощности и экологии. Существует широкий спектр возможных практических применений для современных высококачественных динамометров. Ярким примером является, без сомнения, разработка и оптимизации надежных и высокомоментных систем приводов для спортивных и серийно выпускаемых автомобилей:

Расположенная в Альгое на юге Германии компания ABT-Sportline является профессиональным оператором автоспорта и, как ведущий поставщик в своем секторе рынка, оптимизирует серийно выпускаемые автомобили Volkswagen, Audi, Skoda, Seat и другие марки, входящие в концерн VW. ABT-Sportline имеет высоко специализированный персонал и многолетний опыт работы. При разработке, тестировании и в производстве применяется



Испытательный комплекс: помещение с монороликовым мощностным стендом, отдельный моторный стенд и комната управления. Размеры воздушных шахт соответствуют потребностям пользователей.

высококласное оборудование. Кроме своего собственного моторного стенда, в компании есть соответствующий ее нуждам полноприводный динамометр, служащий высококачественным специальным инструментом для развития и тюнинга трансмиссий автомобилей.

Статика против динамики

Большинство статических измерений проводятся на испытательных стендах в процессе развития и доводки двигателей. Это означает, что разрабатываемый двигатель постоянно работает на определенных уровнях нагрузки и частоты вращения, с тем чтобы дать возможность проведения каждого измерения с использованием внешних, медленно реагирующих измерительных приборов. Детальный и всесторонний анализ трансмиссии также возможно только в таком режиме. При соединении на графике нескольких точек с результатами измерений дает такую же кривую, которую получают на роликовых динамометрах при проведении динамических измерений. Тем не менее, такие динамические испытания принципиально отличаются от статических измерений тем, что при ускорении автомобиля на динамометре вращающиеся центробежные массы оказывают существенное влияние на расчет мощности. В статических испытаниях (при постоянных оборотах), с другой стороны, они не должны приниматься во внимание.

Роликовый мощностной стенд может быть качественно оценен с точки зрения знания этой фундаментальной физической разницы между процедурами испытаний: идеальным будет конгруэнтность или, как минимум, чрезвычайная похожесть графиков измерения одного и того же автомобиля на этом стенде в статическом и динамическом режимах.



Динамометр на рисунке выше состоит из двух 30 дюймовых монороликовых агрегатов, в каждом из которых установлены по два электродинамических тормоза, обеспечивающих 550 кВт максимальной мощности торможения (статика). Каждая ось автомобиля может тормозиться с мощностью до 1100 кВт. Каждый роликовый агрегат оснащен электродвигателем 40 кВт для привода ведомых осей автомобиля и обеспечения синхронизации. Динамометр обеспечивает максимальную скорость до 350 км/ч.

С учетом чрезвычайно точного измерения потерь эта конфигурация позволяет рассчитывать мощность двигателя, которую не может достичь практически ни один автомобиль.

Вентиляцию акустически и термически изолированного диагностического зала обеспечивает вентилятор с мощностью 90000 м³/ч и максимальной скоростью 200 км/ч воздушного потока. Наблюдение и управление всеми функциями динамометра производится из отдельного операторского помещения.

Данные с датчиков и исполнительных устройств автомобиля и динамометра поступают в эту комнату, обрабатываются и, в случае необходимости, передаются в пользовательскую сеть для дальнейшего использования.



Настройка и оптимизация автомобильных двигателей и трансмиссий, без сомнения, является абсолютно классической областью применения динамометров. Тем не менее, спектр возможностей, обеспечиваемых современными мощными и экологическими

стендами, охватывает многие другие области. Почти все направления деятельности в секторе моторных транспортных средств могут получить выгоду от применения такой высококачественной испытательной техники. Тем не менее, инвестиции должны окупиться в каждом отдельном случае. Поэтому рынок предлагает индивидуальные решения для всех пользователей.



Защита от шума и выхлопов:
Систему управления стендом и другими приборами расположена в помещении операторов



Дистанционное управление:
Управление всеми функциями динамометра доступно даже из салона автомобиля.

Из интервью Флориана Фирлинга (Florian Vierling) с с руководителем отдела разработки двигателей компании ABT-Sportsline Петером Хартманном (Peter Hartmann) и специалистом по мощностным стендам компании MAXA Майклом Пляйнисом (Michael Pleinies)

Florian Vierling: Г-н Хартманн, как вы используете свой колесный мощностной стенд MAXA?

Peter Hartmann: Основное направление в бизнесе у нас, как у тюнеров, - увеличение мощности. Этот процесс всегда начинается с мощностного анализа представленного автомобиля и продолжается симуляцией нагрузки, в процессе которой регулируются параметры этого автомобиля. Мы можем установить и поддерживать на постоянном уровне любые значения частоты вращения и нагрузки на нашем динамометре. Затем при помощи нашего интерфейса собственной разработки мы меняем определенные параметры в каждой точке: например, давление наддува, угол опережения зажигания или количество впрыскиваемого топлива. Результаты сразу же становятся видны на мониторе.

Vierling: Что происходит после настройки параметров?

Hartmann: Когда мы имеем оптимальную мощность двигателя для всего диапазона мы проводим заезд в соответствии с установленным экологическим циклом, чтобы видеть, как наши регулировки изменили экологическую картину. Поскольку мы даем нашим автомобилям широкие гарантии, стабильность под нагрузкой является очень важным моментом при настройке наших двигателей. Машины находятся на стенде иногда в течение нескольких дней или даже недель, пока все не станет совершенным. Мы работаем со всем спектром: от маленьких 1,2 л до тяжелых полноприводных автомобилей с 1400 Нм крутящего момента, вплоть до болидов Формулы-1.

Vierling: При работе на стенде и автомобиле создаются значительные силы. Какую

максимальную нагрузку может создать система, каков предел?

Hartmann: У нас никогда не было каких-либо проблем такого рода с нашим монороликовым мощностным стендом или системой вентиляции. Мы можем ехать на полном газу в течение нескольких часов. Если мы хотим увеличить или уменьшить температуру воздуха на входе на пять градусов, мы просто устанавливаем эту величину. Если нам необходимо, электродвигатели стенда вращают ведомую ось с превосходной степенью синхронизации.

Michael Pleinies: Мы можем даже моделировать отдельные гоночные трассы при помощи программируемых ездовых циклов. АВТ может спокойно тюнинговать автомобиль по результатам записи времени Нюрбургринга. АВТ также может проводить испытание автомобиля на полной скорости на динамометре и в то же время работать над характеристиками двигателя! Такого рода возможностей не было бы без нашего стенда MSR.

Vierling: Что еще вы можете сделать?

Hartmann: Система не только помогает нам получить лучшее от двигателя. Например, мы можем также измерять какое влияние оказывает на величину сопротивления качения автомобиля изменения углов развала и схождения. При помощи мощности механических потерь мы можем очень точно исследовать потери в трансмиссии - вплоть до приводных валов или радиальных, оптимизированных по трению, уплотнений валов.

Vierling: Но это имеет мало общего с «нормальным» мощностным измерением, не так ли?

Hartmann: Это, конечно, уникальные разработки. Но эта функциональность и точность необходимы в автоспорте. И динамометры МАХА предлагают все это, как никто другой. Мы сейчас пользуемся уже четвертым поколением мощностных стендов этого производителя, имеем большой опыт и, поэтому, также очень требовательны.

Pleinies: Мы также получаем значительный положительный эффект от ноу-хау наших клиентов. Можно сказать, что мы всегда разрабатывали и совершенствовали системы для АВТ «по требованию». Результаты прямо перед нами.

Hartmann: Совершенно независимо от этого, с системой МАНА мы также приобрели идеальный инструмент для собственного развития. Как г-н Pleinies уже сказал, стенд настроен для удовлетворения наших требований, и поэтому это именно тот инструмент, который нам нужен. Не больше, не меньше.



Оптимизация давления наддува: При постоянной частоте вращения 4000 об/мин автомобиль с серийными характеристиками развил 84,2 кВт колесной мощности. После изменения давления наддува мощность достигла величины 90,6 кВт. Величина в Ньютонах на стрелочном указателе на экране показывает тяговое усилие, регистрируемое тензобалкой.



В идеальном случае, современная сетевая компания, проводящая мощностные и экологические измерения, предлагает комплексный спектр услуг по любым вопросам, касающимся диагностики и оптимизации автотранспортных средств. Это происходит потому, что в дополнение к их первоначальному назначению, современные процедуры тестирования мощности и экологии также, и в первую очередь, являются отличными диагностическими инструментами. Они позволяют проводить испытания в помещениях при точно определяемых условиях. В таких условиях значительно проще провоцировать и анализировать спорадически возникающие ошибки без влияния внешних факторов. Высококачественные технологии мощностных и экологических испытаний делают компанию центром компетенции, который может привлечь новые группы клиентов своими чрезвычайно широкими возможностями. Высококачественное гаражное оборудование, описанное в этой книге, дает уникальную возможность продажи услуг во секторах рынка. Далее мы рассмотрим примеры применения современных процедур мощностных и экологических испытаний.

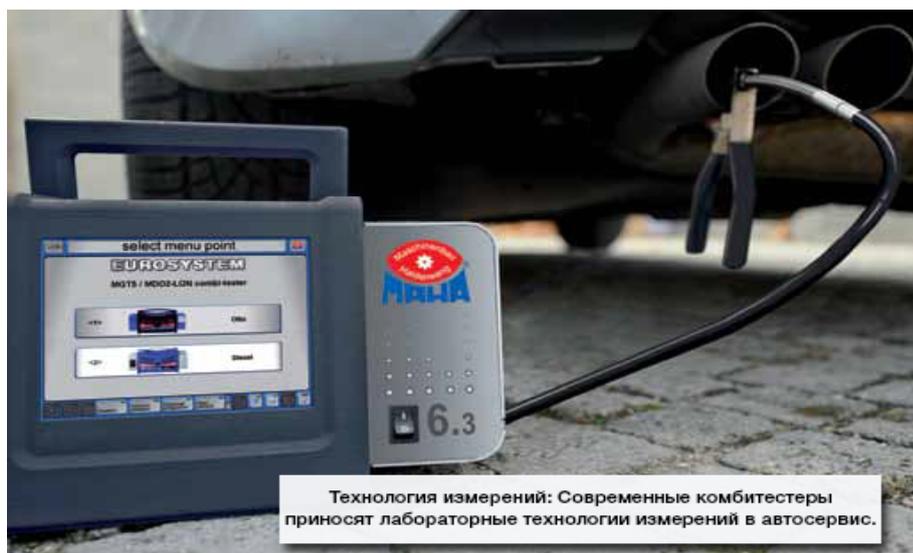


Гаражное оборудование: Современные системы превращают обычный сервис в центр компетенций.

6.2 Оптимизация экологических параметров

Выбросы выхлопных газов и эффективность двигателя являются аспектами фундаментального конфликта целей в области развития автомобильной техники, которые непосредственно и неразрывно связаны друг с другом. Первое должно находиться на как можно меньшем уровне, в то время как немного больше последнего всегда приветствуется. На практике принципиально невозможно улучшить одно без негативного воздействия на другое. В контексте все более строгих экологических правил нет, поэтому, места для отдельных мер по оптимизации. Внедрение современных методов тестирования мощности и экологических показателей также помогает распознать и правильно использовать имеющийся потенциал.

Тематическое исследование в предыдущей главе уже показало, как соответствующее оборудование может быть профессионально установлено для тюнинга серийно выпускаемых автомобилей практически до нейтральных показателей выбросов. Сказанное там по отношению к мощности столь же верно в отношении экологических характеристик в этом случае. То есть необходимо сказать, что характеристики современных систем управления двигателем не могут быть настроены на чем-либо, кроме высококачественного роликового динамометра в сочетании с соответствующей технологией контроля экологических показателей.



Применяемые в мастерских комбинированные тестеры в настоящее время обеспечивают современные технологии измерения. Они быстро измеряют все основные показатели выхлопа двигателей внутреннего сгорания, включая К-величины и концентрации частиц с точностью, которая лишь немного уступает точности научно-исследовательских измерительных комплексов. Однако, несмотря на это, для получения официального экологического сертификата необходимо проведение теста уровня выбросов, выпускаемых в течение определенного цикла движения на стенде с беговыми барабанами, известного в Германии как "Beutelanalyse", или "bag search". Это, к примеру, также позволяет перевести автомобиль в более дешевую категорию в экологической классификации. В Германии, проведение такого анализа находится в руках юридически авторизованных организаций технического мониторинга и аккредитованных частных компаний.

Это не совсем подходящее время или место для обсуждения осмысленности этих ездовых циклов или правовую позицию в отношении выбросов, которые, во всяком случае, больше не является просто национальным вопросом. Тем не менее, должно быть возможным, со ссылкой на научные исследования именно по этой теме, отметить, что технологии мощностных и экологических испытаний имели фору в несколько лет перед развитием законодательных изменений. Или, иначе говоря: как уже объяснялось в главе 2, экологическое регулирование может оглянуться на десятилетия истории. Это было первой попыткой побудить автомобильную промышленность разрабатывать соответствующие технологии для снижения выбросов выхлопных газов. Это была та самая автомобильная технология, которая сделала огромные шаги по сокращению выбросов - и теперь технология измерения, которая просто соответствует правилам, должна спешить, чтобы не отставать от этих самых событий.

Лучшим примером этого является современная дизельная технология. Вопросы выбросов в этой области будут рассмотрены в следующем разделе. Тем не менее, в первую очередь следует краткий обзор загрязняющих веществ в выбросах двигателей, работающих по циклу Отто (двигатели Отто).



6.2.1 Двигатели Отто

Наиболее значимыми компонентами выхлопных газов в двигателях Отто, являются двуокись углерода (CO_2), несгоревшие углеводороды (CH), оксиды азота (NO_x) и диоксид серы (SO_2). Углекислый газ (CO_2) не ядовит, но может косвенно способствовать парниковому эффекту. Во время испытаний на выбросы он служит знаком качества сгорания: чем выше доля CO_2 , тем меньше в выбросах должна быть доля CO .

Идеальное горение будет производить только воду (H_2O) и CO_2 . На самом деле существует целый ряд дестабилизирующих факторов, среди первых из которых наиболее определенно следует назвать конструкцию двигателя. Тем не менее, есть попытка приблизиться к идеалу состава топливной смеси, предлагая оптимальное соотношение топливо к воздуху. Оно известно как "стехиометрического" отношение и существует, когда гомогенно смешаны именно 14,8 кг воздуха и 1 кг топлива, то есть когда на каждый литр топлива отмеряется ровно 10000 л воздуха. Подаваемый впоследствии фактический объем воздуха по отношению к объему, необходимому в теории, определяет величину коэффициента избытка воздуха λ , которая равна 1 при указанных выше значениях. Если $\lambda < 1$ существует недостаток воздуха: смесь слишком богатая. Если $\lambda > 1$ воздуха слишком много и смесь слишком бедная.



Газоанализаторы измеряют концентрацию загрязняющих веществ в выхлопной трубе в каждом выбранном рабочем состоянии - с несколькими серьезными ограничениями: обычный, установленный законом экологический тест в Германии (AU) проводится - если не заменен полным OBD контролем - полностью без нагрузки и, поэтому, ему совершенно не хватает практической значимости. Измерительная система, включающая автомобиль, роликовый динамометр и устройство контроля экологических показателей, однако, обеспечивает точные измерения, которые практически актуальны и, следовательно, дают неискаженное представление о фактическом поведении выбросов.

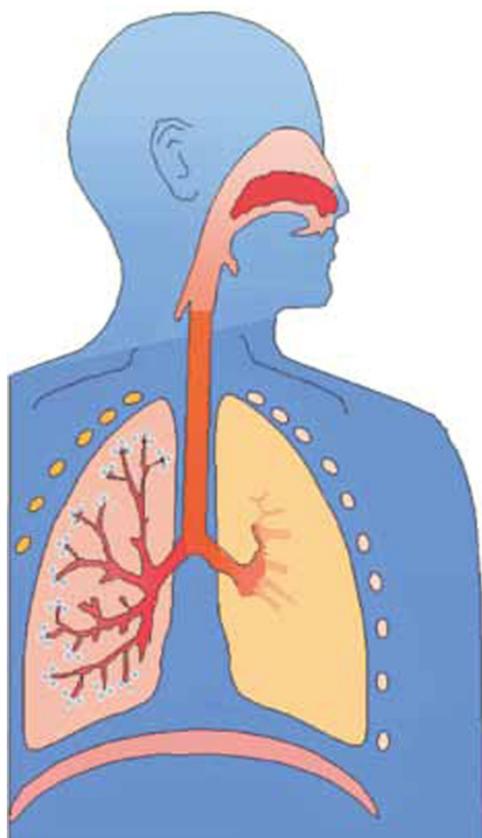


Уровень развития технологии: Перспективный комплекс экологического контроля для бензиновых, газовых и дизельных двигателей с широким спектром возможностей мобильного и стационарного применения.

6.2.2 Дизельные двигатели

По сравнению с бензиновыми двигателями, дизель использует принципиально бедную смесь. Отношение воздух-топливо в дизельных двигателях изменяется в пределах примерно с $\lambda = 6$ на холостом ходу до приблизительно $\lambda = 1,2$ при полной нагрузке. Этот избыток воздуха необходим для обеспечения гомогенной смеси впрыскиваемого дизельного топлива и поданного воздуха, насколько это возможно, а также чтобы обеспечить сжигание смеси. Несмотря на большие достижения в области технологии впрыска дизельного топлива, до сих пор не было возможности оптимизации процесса горения до такой степени, что никакие инертные молекулы углерода не покинули камеру сгорания в качестве частиц сажи.

Хотя, как чистый углерод, сажа безопасна для здоровья, на нее осаждаются полициклические ароматическое углеводороды, обладающие канцерогенной активностью. Удалось, тем не менее, оказать весьма значительное положительное влияние на формирование и количество загрязняющих веществ в выхлопе дизельных двигателей работая над конструкцией камеры сгорания, впрыском топлива под высоким давлением, изменением качества топлива и, наконец, но не в последнюю очередь, эффективной системой рециркуляции выхлопных газов и сажевые фильтры.



Участки дыхательной системы/размер частиц

Слизистые оболочки носа и горла > 10 мкм

Гортань 4.7 – 5.8 мкм

Трахея и главные бронхи 3.3 – 4.7 мкм

Вторичные и третичные бронхи 1.1 – 3.3 мкм

Альвеолы < 1.1 мкм

На микроуровне: Чрезвычайно мелкие частицы сажи в современном common rail дизеле могут достигать бронхи через дыхательную систему и оттуда попасть напрямую в кровь.

Основное внимание уделяется, в первую очередь, выбросам частиц сажи. В последнее время стало возможным значительно уменьшить их количество и размер частиц, сажевые фильтры также снижают уровень выбросов.

Тем не менее, субъективно различимое улучшение поведения выбросов современных дизельных автомобилей в действительности содержит серьезный недостаток: оставшиеся мельчайшие частицы через дыхательную систему могут проникать в нижние части легкого и оттуда поступать в кровь. Обычные дымомеры едва или вообще не в состоянии обнаружить эти очень тонко распыленные частицы выбросов. Проще говоря, современные двигатели просто "слишком чистыми" для обычных экологических процедур измерения. Современные бензиновые автомобили иногда выделяют более измеримые частицы, чем сравнимые автомобили с дизельным двигателем.

В соответствии с действующем в данный момент Директивой 4 (Guideline 4), немецкий экологический тест (AU) пытается принять это обстоятельство во внимание таким образом, что он заменяет обычный тест в выхлопной трубе на инспекцию OBD данных, имеющих отношение к выбросам, и, в случае необходимости, записанных в памяти неисправностей транспортных средств, впервые



Статус-кво: Крайне важно модернизировать немецкое экологическое законодательство (AU) и адаптировать его к современной автомобильной технологии. Соответствующая технология измерения уже существует.

зарегистрированных с 2006 года. Проблема здесь заключается в том, что тип и конструкция автоматических диагностических систем транспортных средств в настоящее время не подлежат никакому общеобязательному законодательству. Таким образом, де-факто основой для законодательных мер мониторинга экологического поведения является инструмент, который работает исключительно на основе коммерческих соглашений.

Эта ситуация вызвала дискуссию о будущем законе об экологических испытаниях, который сейчас активно разрабатывается. Тем не менее, новая (дизельная) технология измерения, которая больше не основывается на старом оптическом принципе измерения выхлопных газов, уже давно готова к выходу на рынок и представлена для процедур утверждения.

Второе поколение дымомеров больше не работают по принципу измерения непрозрачности выхлопных газов. Высококачественные устройства, работающие по принципу «лазерного метода рассеяния» являются дополнительной, чрезвычайно точной и быстрой техникой, которая более чем отвечает требованиям к измерительным технологиям для современных дизельных двигателей. Такие устройства, таким образом, могут использоваться для самых разнообразных применений.

6.2.3 Альтернативные виды топлива

Как уже упоминалось в других разделах, используемое топливо также оказывает влияние на мощность и состав выхлопных газов. Современные двигатели должны быть очень точно настроены на соответствующее топливо, с тем, чтобы обеспечить долгий эффективный, чистый и безотказный срок службы. Уже было ясно показано на примере оптимизации производительности, как двигатели могут быть специально оптимизированы на практике с помощью современных методов контроля мощностных и экологических показателей. То же самое верно и для топливного тюнинга. Современный, сложный и высококачественный измерительный инжиниринг открывает новые пути производителям газовых систем и поставщикам оборудования к увеличению спектра услуг, повышению качества продукции и степени удовлетворенности клиента.

При переоборудовании обычных бензиновых двигателей для работы на газе, их характеристики должны быть настроены на альтернативное топливо. Эта настройка должна производиться - как уже отмечалось в предыдущих разделах – на роликовом динамометре, например, в режиме симуляции нагрузки при постоянных оборотах двигателя. В сочетании со встроенными газоанализаторами также могут применяться каталитические преобразователи и контуры управления лямбда.

В странах, где автопарк в значительной степени работает на альтернативных видах топлива, таких как биоэтанол, измерительные системы, представленные здесь, являются важным условием долгосрочной, надежной регулировки большого количества транспортных средств в соответствии с экологическим законодательством.

Комбинированные диагностические линии с функциональными динамометрами и экологическими тестерами позволяют проводить предписанные экологические испытания под нагрузкой во многих странах. Здесь современная технология измерения является важным требованием для того, чтобы отслеживать и своевременно заменять отдельные

парки транспортных средств на рынке, часть из которых являются устаревшими или работают на альтернативных видах топлива.

6.3 Оптимизация топливной эффективности

Данные производителя автомобиля о расходе топлива основываются на официально определенных ездовых циклах. Фактический расход топлива транспортного средства зависит от многих факторов; опять же, в первую очередь от характеристик, заданных в системе управления двигателем. Потери мощности в трансмиссии из-за сопротивления трения в отдельных компонентах также, следует отметить, независимы от конкретных режимов вождения и внешних воздействий.



С помощью роликовых динамометров, приборов измерения расхода топлива и газоаналитических комплексов можно детально исследовать режимы работы, в которых двигатель потребляет больше, чем необходимо.

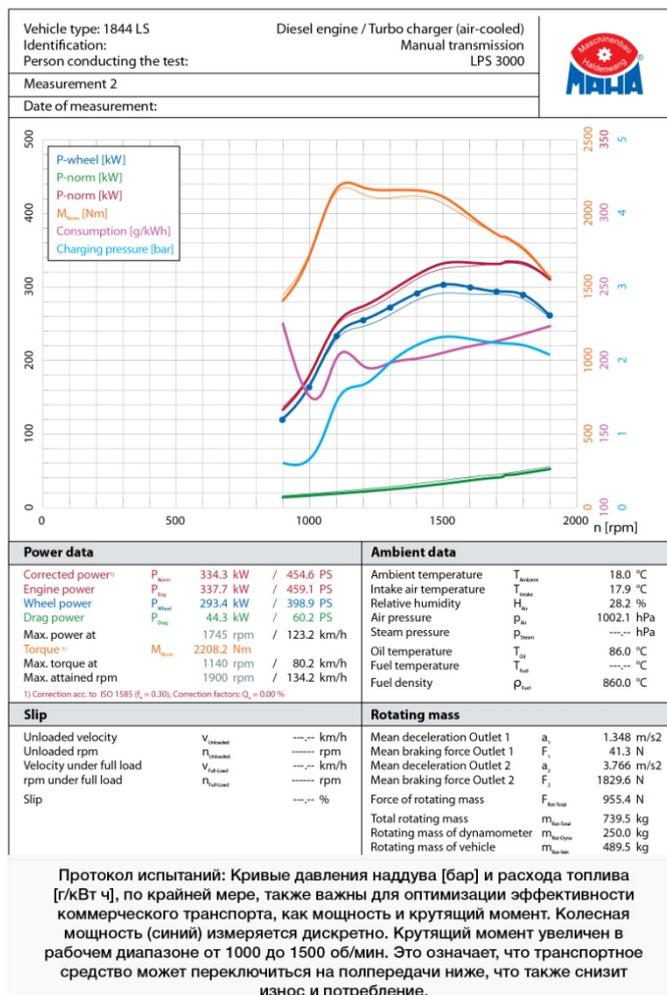




В индивидуальной оптимизации, например, парков тяжелых автотранспортных средств есть огромный потенциал для экономии: может быть снижен расход топлива и увеличены показатели мощности и крутящего момента. Таким образом, тестирование и оптимизация расхода топлива на роликовых динамометрах является еще одним направлением, напрямую дающим экономию финансовых ресурсов.



Уже только по этой причине приобретение соответствующего диагностического оборудования имеет финансовый смысл в среднесрочной перспективе, в частности, для операторов больших автопарков - не говоря уже о различных дополнительных преимуществах, которые эти инвестиции приносят с точки зрения профилактического и периодического технического обслуживания подвижного состава автопарка.



6.4 Профилактическое и периодическое обслуживание

Профилактическое и периодическое техническое обслуживание автотранспортных средств требует опыта, знаний - и соответствующего оборудования. Поставщики гаражного оборудования должны предусматривать поставку высококачественных решений, соответствующих современным полным, комплексным, сетевым, «мехатронным» разработкам инжиниринга автомобильной промышленности. Часто профессиональная работа с транспортными средствами, даже в независимых мастерских, почти невозможна без OEM диагностических стендов.



Некоторые области применения современных процедур диагностики мощности и экологических показателей уже описано, но при помощи соответствующей технологии измерения и триады мощность-экология-расход для клиентов и пользователей может быть сгенерирована дополнительная выгода – что может быть немедленно использовано.

Наиболее очевидное преимущество динамометров в сервисном секторе услуг заключается в возможности проводить целенаправленные тесты по жалобам клиентов на неисправности, которые встречаются только спорадически или при определенных условиях вождения. Например, исследование пропусков зажигания при ускорении на третьей передаче от 70 до 100 км/ч на динамометре, даже если учитывать только рабочие часы, сохраненные сокращением необходимых тестовых прогонов, дает значительную экономию и увеличивает эффективность диагностики в сочетании с безопасностью проведения работ.

В режиме "моделирования нагрузки" могут быть установлены на постоянные значения тяговое усилие, скорость или обороты двигателя. Поэтому автомобиль может находиться в состоянии вождения под очень точно заданной нагрузкой в то время как измерительная система стенда, газоаналитика и любые другие подключенные датчики показывают все необходимые параметры на мониторе в режиме реального времени. Возможности, предлагаемые OBD диагностикой конкретного производителя в условиях обычной мастерской без роликового динамометра, выглядят в сравнении почти пешеходом.

То же самое можно сделать для контроля функций и отдельных компонентов: датчики массового расхода воздуха, сажевые фильтров, каталитические нейтрализаторы и многих другие устройства могут быть быстро и просто проверены во время тестовых прогонов в мастерской. Другие варианты, которые современные процедуры диагностирования мощности и экологических параметров предлагают амбициозным пользователям. Динамометры даже могут быть разумно и выгодно использованы в популярной области чип. Новое устройство управления, приобретенное вами у сомнительного интернет дилера, не делает того, что, по его заявлению должно делать? Если этого не произойдет, высококачественные динамометры предлагают оценки, которые могут быть представлены в суде для таких спорных вопросов.



Требования к обучению: Предлагающие высококачественное диагностическое оборудование производители предусматривают пользовательское обучение высокого уровня.



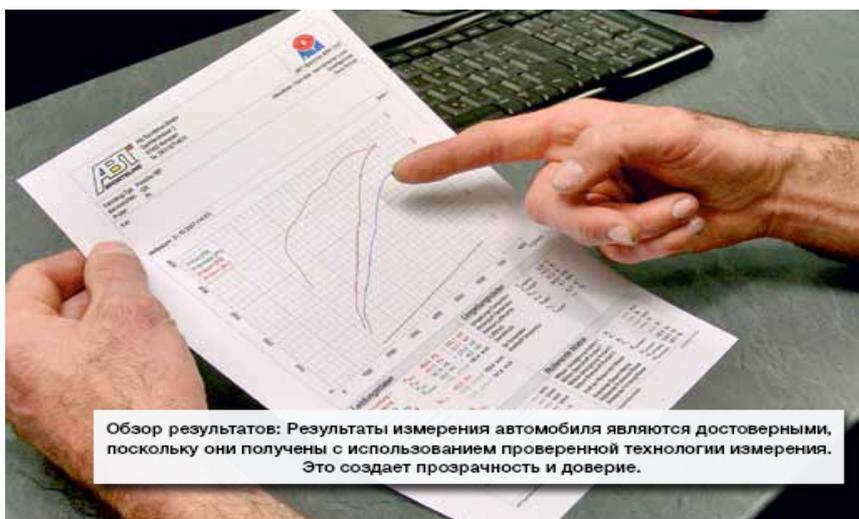
Классические автомобили

Динамометр может быть полезным подспорьем в поиске проблем и оптимизации не только для современных транспортных средств, но и на растущем рынке классических автомобилей. Кроме того, для требовательных клиентов это может быть решающим фактором в установлении вас вне конкуренции.

Несколько примеров: Скольжение классических гидротрансформаторов может быть измерено при помощи рассмотренных здесь технологий диагностирования. Быстрый и надежный диагноз, не требующий разборки на основании предположений, сохраняет ценные рабочие часы и показывает повышенный уровень знаний. Нуждаетесь ли вы в капитальном ремонте коробки передач, либо просто нужно отрегулировать систему управления коробкой, или даже просто проверить дорогое периодическое воздействие: современные динамометры, которые могут реально измерить рассеиваемую мощность, могут помочь принять решение по всем этим вопросам. Сгенерированные под нагрузкой диаграммы зажигания и впрыска для сложных старых систем впрыска топлива могут, конечно, быть так же просто прочитаны, как и более современные системы управления двигателями.

Измерение эластичности

Функция, которая снова попадает в категорию фундаментальных задач динамометра, является измерение эластичности. Эта запись измерений, которая имеет большое значение для эффективности транспортных средств, является столь же фундаментальной частью программного обеспечения динамометра высокого качества, как способность контролировать и регулировать спидометры и тахографы, например, после замены трансмиссии.



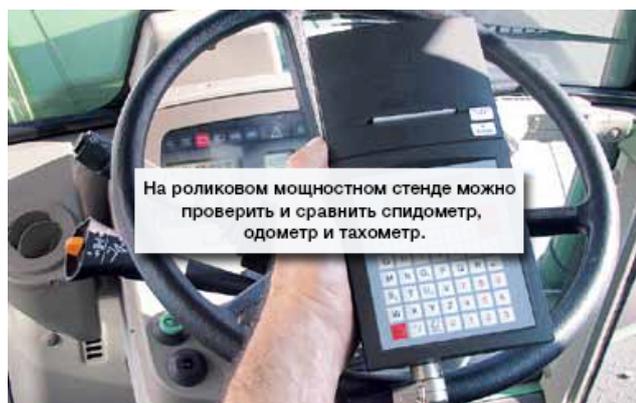
Приведенные выше примеры дают понять, что современные методы диагностирования показателей мощности и экологичности могут разумно и выгодно применяться во многих областях. Ассоциированные инвестиции быстро окупаются в перспективе при учете прямых и косвенных эффектов. Мы уже говорили о значительной потенциальной экономии рабочего времени, но также следует отметить, что во многих случаях они играют очень важную роль в величине гарантийных расходов и при использовании в сертификации автомобилей на вторичном рынке. Проведенное на основе технологий измерений тестирование результатов выполненных работ или установленных компонентов дает всем участникам максимально возможную гарантию и тем самым помогает избежать или облегчить последующие различия во мнениях с самого начала.

Оценка подержанных автомобилей на основе доказуемых, измеряемых критериев эффективности устанавливает доверие покупателя и обеспечивает отличную репутацию продавца. Происходит это потому, что одно дело – представить определенное мнение, но совсем другое - подкрепить его с бесспорными фактами, основанными на технологии измерений.

6.5. Специальные приложения

Все что было сказано до сих пор снова показывает, что современные методы диагностирования показателей мощности и экологичности могут измерять больше, чем просто мощность и экологию. Тем не менее, до настоящего времени это было верно только для моторных транспортных средств, используемых на дорогах общего пользования или в автоспорте.





Сравнение выбросов выхлопных газов

Вид транспорта, который с точки зрения выделения выхлопов летит высоко над другими - это самолет. Его загрязняющие выбросы сбрасываются непосредственно в наиболее чувствительных к климату слоях земной атмосферы, где некоторые из них могут оставаться в течение нескольких десятилетий. Вклад воздушного движения только над Центральной Европой в изменение климата в течение следующих нескольких лет оценивается в $0,5^{\circ}\text{C}$. Все иллюстрирует простой пример: аэробус потребляет 23000 л керосина на 100 км в течение первых двух километров в стадии взлет, на крейсерской скорости он по-прежнему потребляет 1300 л на 100 км. При каждом взлете выбрасывается почти тонна CO_2 . Население районов на траектории полетов аэропортов чрезмерно страдает от этого. Экологические правила? Ответ отрицательный.

Выбросы от международных морских перевозок составляют класс совсем другого размера: исследования показывают, что 15 крупнейших судов в мире выбрасывают столько двуоксида серы, как 800 миллионов автомобилей вместе. Большая часть этого происходит из-за применения в качестве топлива мазута, который может содержать до 4,5% серы. Обычное дизельное топливо на заправочных станциях должно иметь максимальное содержание серы 0,001%.

То же самое с выбросами частиц: все корабли вместе выбрасывают такое же количество частиц как 300 миллионов автомобилей. Выбросы с судов в основном загрязняют прибрежные районы, так как почти три четверти судоходства происходит относительно близко к береговой линии. Несмотря на все усилия по сокращению выбросов международным морским транспортом, используя, например, правила по качеству топлива, трубы океанских гигантов продолжают дымить беспрепятственно, даже в бухтах.

Можно предположить, что найти применение для роликовых динамометров вне контекста автотранспортных средств было бы сложно. Тем не менее, современные методики испытаний выбросов практически predeterminedены для приложений, которые не просто нацелены на дорожные транспортные средства, но учитывают весь автомобильный сектор - и даже больше. Поэтому они квалифицированы для широкого спектра применений от экологических лабораторий и "end-of-line" диагностических линий в инженерных центрах и производственных цехах автомобильной индустрии до мероприятий по борьбе с загрязнением воздуха в городах.

Выбросы от колесных транспортных средств, участвующих в дорожном движении, составляют лишь часть общего загрязнения атмосферы. Другие транспортные средства, такие как поезда и паромы, а также строительная, отопительная и осветительная техника также являются одними из основных причин выбросов, которые являются вредными для здоровья человека.

Окружающая среда, здоровье и безопасность

Жизненно важным становится проведение ответственной экологической политики и политики сохранения здоровья населения и вызванной этим необходимости надежно контролировать и работать над снижением выбросов выхлопных газов из всех этих источников. Только таким путем могут быть уменьшены негативные сопутствующие симптомы использования ископаемого топлива. Современные методики экологических испытаний для всех приложений, описанных в данном разделе, являются адекватным средством для достижения этой благородной цели. В автомобильном секторе важной основой для законодательных мер по сокращению выбросов транспортных средств являются функциональные динамометры для проведения экологических испытаний.

Наряду с приложениями, служащими в первую очередь для защиты окружающей среды, аспект безопасности может стать важным аргументом в пользу использования современных измерителей частиц и газоанализаторов во многих отраслях промышленности. В случае подземной добычи полезных ископаемых, например, всегда уделялось особое внимание безопасности шахт. Использование тяжелой техники в искусственно вентилируемых шахтах делает высокочувствительные устройства измерения газов и частиц особенно важными. Из-за своих подходящих размеров, простоты в эксплуатации и высокой точности, надежной технологии измерений современные экологические тестеры также отлично зарекомендовали себя в таких экстремальных условиях.



Совершенно разные виды потенциальной опасности присутствуют в промышленном производстве пищевых продуктов и семян: примеси, в первую очередь пылевого происхождения, представляют собой нарушение стандартов на пищевые продукты. В таких случаях современные многофункциональные приборы контроля газов и измерения частиц могут защитить производителей от дорогостоящих судебных разбирательств и потребителей от ущерба их здоровью.



Современные технологии экологических испытаний являются важным инструментом для обеспечения охраны окружающей среды и безопасности труда. Наряду с ключевой ролью скорости и точности процедур измерения высококачественные поставщики гаражного оборудования определили необходимость внедрения таких важных свойств продукта как удобство в работе, возможность применения в стационарном сетевом или мобильном режимах, а также решающего фактора – точности и скорости измерений. Как и в случае с динамометрами, рынок также предлагает правильное устройство экологического контроля для каждого приложения. В автомобильном секторе представлены стационарные, мобильные или автономные газоаналитические установки. Перспективные высококачественные устройства контроля экологических показателей и динамометры от одного производителя также имеют преимущество из-за общей операционной системы и сетевых ИТ-структур. Кроме того, высококачественное гаражное оборудование совместимо с другими поколениями продуктов. Старые устройства того же производителя поэтому легко интегрируются в новые диагностические линии.

7. Перспективы

Дальнейшее развитие практически ориентированных процедур испытания мощности и экологии для транспортных средств, в значительной степени, зависит от будущих политических целей лиц, принимающих решения, и их административной реализации. Глобализация рынков и охраны окружающей среды требуют транснациональных стратегий от соответствующих поставщиков продукции. Эти провайдеры работают в области особой напряженности в отношении различных потребностей отдельных стран и требований с одной стороны и действующих на международном уровне правил и директив с другой стороны.

Вторая опора, на которой основываются будущие технологии мощностных и экологических измерений, это прогресс в области автомобильной и приводной технологии. Возможным будет только значимо и устойчиво реагировать на надвигающуюся нехватку ресурсов во многих секторах, при условии разумной и логичной реализации существующих технологий, и если научные исследования и разработки могут решить фундаментальные проблемы, такие как практическое хранения электрической энергии.

Как и в прошлом, отношения между законодательством и техническим прогрессом также будут характеризоваться взаимной зависимостью в будущем. В этом динамичном процессе развития, в конечном счете, значительную роль должны сыграть водители автомобилей, как конечные пользователи, которые через свои предпочтения, могут задать направление в развитии автомобильной техники и, следовательно, также технологий тестирования. Независимо от того, к примеру, (с некоторых точек зрения) нет никакой уверенности, что направление развития электро-гибридных двигателей будет на самом деле быть приняты потребителями. Прежде всего, дело в производителях этой технологии, которая была введена под названием экологической (авто-) мобильности, которые в настоящее время все чаще пытаются продать ее, используя противоречивые аргументы технически превосходной степени.



На другом конце спектра развивающиеся страны с быстро растущим числом транспортных средств признают насущную необходимость регулирования выбросов парниковых газов, которые имеют правовую основу и контролируются с использованием измерительных технологий. На этих рынках также автомобильная промышленность всегда делает доступной именно востребованную автомобильную технику. И спрос на рынках опять-таки не может быть более различными: с одной стороны, просто возможность индивидуальной (авто-) мобильности в своей простейшей форме, а с другой

стороны, рост столетней культуры автомобилей, которая, кажется, понимает только одно правило: рост.

В обоих случаях необходимо иметь законодательство, которое, при внедрении и разработке правил, касающихся выбросов, позволяет избежать присущих недостатков, таких как, например, были отмечены в Германии с введением пересмотренного экологического теста (AU) в 1993 году. Процедуры проведения испытаний с небольшой практической значимостью, например, испытания на выбросы при свободном ускорении, мало помогают в долгосрочной борьбе по актуальным вопросам защиты окружающей среды и охраны здоровья. Здесь производители высококачественных технологий контроля экологических параметров по праву могут похвастаться наличием устройств измерения частиц и газов, высокоразвитая технология которых в некоторой степени приносит экологическую лабораторию в автомастерскую. Законодатели здесь четко просят прямого соответствующего администрирования.

Современные методики испытаний должны иметь правовую основу

Реальная задача современной технологии экологического контроля состоит в мониторинге концентрации частиц и газообразных выбросов от всех типов двигателей внутреннего сгорания. Только тогда, когда ответственные международные институты также добьются успеха в отражении насущной потребности в этой эффективной технологии измерения в своих административных документах негативные последствия постоянно растущих выбросов во всем мире будут сдерживаться.

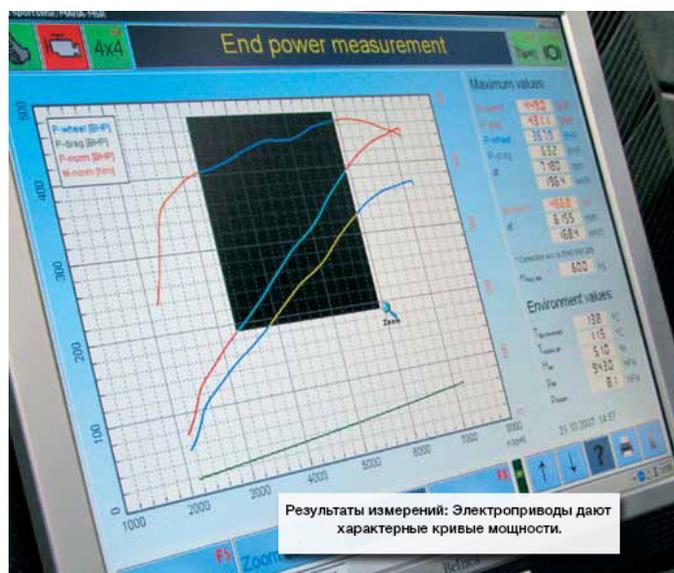
Производители современных и перспективных процедур мощностных и экологических испытаний все чаще видят себя столкнувшимися с необходимостью обеспечить технологию измерения высшего качества для спектра приложений, никогда ранее не виданных. Простые роликовые динамометры для экологических испытаний под нагрузкой, будучи стандартом во многих странах (и в некоторых в течение многих лет), будут по-прежнему входить в производственную программу частью производителей гаражного оборудования - до тех пор, как законодатели не внедрят другие прогрессивные методики испытаний и потребуют соответствующих технологий измерений. Тем не менее, и это уже было показано в других разделах книги, процедуры испытаний, которые только соответствуют законодательству, не всегда могут идти в ногу с технологическим развитием.

Гибриды / Электромобили

Это направление развития также определенно требует динамометров, которые могут, например, испытывать перспективные электроприводы при помощи индивидуально управляемых колесных моторов. Для длительных испытаний на динамометрах существующие обычные приводы с дополнительными электронными двигателями уже требуют специальных средств, таких как симуляция батарей, так как бортовые системы (до сих пор) не могут обеспечить постоянную мощность, которую некоторые производители уже могут желать по маркетинговым соображениям. Гибриды с полностью изменяемым полным приводом с электронным управлением уже предъявляет такие требования к роликовым мощностным стендам, которые могут выполнить не все производители оборудования.



Например, в случае систем частично гибридного привода, воспроизводство энергии (рекуперация) может быть проверена только с помощью динамометров, которые имеют электродвигатели и электродинамические тормоза. В процессе моделирования наката (например, во время спуска), который становится возможным благодаря наличию этих устройств, может быть измерена и проанализирована повторная подача энергии в трансмиссии автомобиля. Получившие распространение рекуперативные гибридные концепции, следовательно, делает устаревшими другие конструкции динамометров. Тем не менее, до тех пор, пока не станет очевидным единый идеальный путь для будущего в области двигателестроения, производителям динамометров придется смириться с широким спектром различных концепций.



Что возможно в настоящее время в непромышленном секторе можно прочесть в главе 6.1. Пользователям, которые не хотят следовать тому или иному типу будущей автомобильной техники придется справляться с еще более сложными процедурами испытаний. В некоторых случаях уже происходит интеграция автомобиля в систему управления динамометра или диагностическое устройство со сложной сетевой иерархической структурой. В будущем для производителей, которые хотят продолжать развиваться в качестве экспертов в области мощностных и экологических испытаний,

будут доступны высокоразвитые технологии испытаний, все еще зарезервированные в настоящее время за индустриальным R&D сектором автомобильной промышленности.