

Міністерство освіти та науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Кафедра технології машинобудування і ремонту машин

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «Комплексні системи випробувань автомобілів»

Виконавець студент групи АПтм -51 _____ Іванов В.М.
(підпис, дата)

Керівник _____ Дубінін Є.О.
(підпис, дата)

Члени приймальної комісії: _____ П.І.Б.
(підпис, дата)

_____ П.І.Б.
(підпис, дата)

_____ П.І.Б.
(підпис, дата)

ЗМІСТ

ВСТУП

1 ВИДИ І МЕТОДИ ДИНАМІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Аналіз сучасних методів випробувань автомобілів, що використовуються в Україні

1.2 Аналіз сучасних закордонних методів випробувань автомобілів

2 ОГЛЯД СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ АВТОМОБІЛІВ

2.1 Огляд обладнання для динамічних випробувань автомобілів, їхні характеристики

2.2 Датчики прискорень та їхні властивості

2.3 Калібрування датчиків при проведенні динамічних випробувань

3 ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ, ОТРИМАНИХ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ АВТОМОБІЛІВ

3.1 Отримання графіків лінійних прискорень

3.2 Фільтрування експериментальних даних

3.3 Отримання графіків динамічних характеристик автомобілів

ВИСНОВКИ

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

ВСТУП

Автомобилестроение является одним из наиболее сложных видов массового машиностроения. К автомобилям, наряду с требованиями функционального соответствия транспортному процессу, предъявляются высокие требования по технологичности, надежности и экономичности в тяжелых условиях эксплуатации, по экологическим и эргономическим показателям, эстетическим качествам и т.д. Работа автомобиля характеризуется сложными процессами его взаимодействия с внешней средой и процессами, происходящими в его двигателе, агрегатах и системах при движении в широком диапазоне режимов, определяемых конкретными условиями эксплуатации. По этим причинам для успешного решения проблем, возникающих при создании новых и совершенствовании находящихся на производстве моделей автомобилей, совершенно необходимым является широкое развертывание исследований и испытаний, ставших неотъемлемым звеном общего процесса создания новой автомобильной техники.

Термином «испытание машин» обозначается «экспериментальное определение конструктивных и эксплуатационных свойств машин для выявления их соответствия техническим требованиям или для опытного изучения реальных процессов, происходящих в машинах». В отличие от этого «научное исследование» – это «процесс выработки новых научных знаний, один из видов познавательной деятельности», характеризующийся «...объективностью, воспроизводимостью, доказательностью, точностью». В практической работе, применительно к условиям промышленности, между этими двумя понятиями не всегда возможно провести четкую границу. И в автомобилестроении испытания автомобилей и их агрегатов при необходимости нередко могут содержать элементы исследования, а исследования, в свою очередь, иметь разделы, проводимые по установившимся, стандартным методикам, т. е. элементы испытаний.

1 ВИДИ І МЕТОДИ ДИНАМІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Аналіз сучасних методів випробувань автомобілів, що використовуються в Україні

Условия и порядок проведения испытаний определяются их программой и методикой, которые разрабатываются исходя из целей и задач конкретных испытаний.

Обычно испытания выполняют в такой последовательности: приемка автомобиля, подготовка его к испытаниям, обкатка, установка испытательной аппаратуры, проведение предусмотренных программой экспериментов и установленного пробега. По окончании пробега или его части (этапа) проводят, если это предусмотрено программой, повторный цикл лабораторно-дорожных испытаний и разбирают автомобиль полностью или частично для оценки технического состояния его агрегатов и деталей. При этом тщательно осматривают все детали, измеряют их изнашивающиеся части, проводят химический анализ, металлографические исследования и механические испытания материала поврежденных и сломанных деталей. Результаты испытаний обрабатывают и обобщают в техническом отчете. При испытаниях официального характера, например инспекционных, приемочных, составляется протокол испытаний, подписываемый представителями организаций, участвующих в испытаниях. В документах даются выводы (заключения) и рекомендации по результатам испытаний.

Приемка автомобиля зависит от вида предстоящих испытаний. При отборе автомобиля для инспекционных испытаний должна быть исключена возможность выбора лучших по качеству образцов, недопустимо устранение производственных недостатков перед приемкой, проведение дополнительных

регулировок и т. п., чтобы не исказить оценку фактического качества изготовления автомобиля.

Подготовка к испытаниям заключается в диагностировании и устранении неисправностей, которые препятствуют нормальной работе автомобиля и его агрегатов и могут отразиться на результатах или на безопасности испытаний. На автомобиле устанавливают испытательную аппаратуру или выполняют подготовительные работы для этого (установку кронштейнов, датчиков, проводки и т. п.).

Обкатку автомобиля проводят в соответствии с руководством по эксплуатации во избежание повреждения агрегатов или отдельных деталей при больших нагрузках и движении с высокими скоростями в процессе испытаний. Этим учитывается также то, что у неприработанных механизмов внутренние потери больше, что ухудшает показатели автомобиля, например скоростные и по топливной экономичности.

Топливо и смазочные материалы должны соответствовать указанным в руководстве по эксплуатации автомобиля. Соответствие фактических качеств топлива, смазочных и других эксплуатационных материалов, например тормозной жидкости, техническим условиям и стандартам следует проверять контрольным анализом.

Техническое обслуживание в период испытаний должно выполняться согласно указаниям руководства по эксплуатации автомобиля с учетом режимов и дорожных условий, в которых он испытывается. Исключение составляют исследования самих режимов, в том числе объемов и периодичности технического обслуживания.

В программе и методике испытаний должны быть указаны условия стоянки автомобиля (в отапливаемом гараже или на открытой площадке).

Дорожные условия — состав дорог, их протяженность и доля в общем пробеге, техническое состояние — при лабораторно-дорожных и пробеговых

испытаниях указываются в стандартах или программе и методике испытаний в зависимости от целей и задач испытаний.

Метеорологические условия проведения лабораторно-дорожных испытаний для получения стабильных и сопоставимых результатов должны быть регламентированы методиками испытаний. Автомобили испытывают в сухую погоду, при температуре воздуха выше 0°С (желательны более узкие пределы, например, 5ч-25°С). Скорость ветра не должна превышать 3 м/с. Ее измеряют анемометром, одновременно фиксируя направление ветра относительно оси участка дороги, на котором проводятся испытания.

Тепловые режимы агрегатов автомобиля обуславливаются их нагрузочными и скоростными режимами и температурой внешней среды. Перед проведением лабораторно-дорожных испытаний (например, при оценке тягово-скоростных качеств, топливной экономичности) агрегаты автомобиля должны быть прогреты пробегом при достаточно высокой скорости, например 70—80 % максимальной. Время прогрева обычно составляет 0,5—1 ч в зависимости от внешней температуры и теплового состояния перед опытами. Более точно условия прогрева указаны в стандартах или методиках на конкретные виды испытаний. Косвенным показателем, используемым для оценки теплового состояния трансмиссии, мостов, шин, при испытании является путь выбега.

Основными состояниями по нагрузке являются масса снаряженного автомобиля и полная масса автотранспортного средства. У автомобильных поездов — масса автомобиля-тягача и масса прицепа или полуприцепа соответственно без груза или с полной нагрузкой. У автомобилей повышенной проходимости наряду с номинальной нагрузкой, рассчитанной на их эксплуатацию по автомобильным дорогам, иногда (если это указано в технических условиях) используется уменьшенная нагрузка при движении по тяжелым грунтовыми дорогам и по бездорожью. При испытании легковых автомобилей, учитывая их обычно неполную загрузку при эксплуатации, в

ряде случаев используется частичная нагрузка (водитель и один или два пассажира). У автобусов городского типа и пригородных, кроме двух основных состояний, необходимо исследовать также возможность эксплуатации с перегрузкой, т. е. при максимально возможном заполнении салона пассажирами и их личным багажом.

Требования безопасности являются важнейшими. При проведении испытаний должны быть приняты все необходимые меры по обеспечению безопасности персонала, находящегося на испытуемом автомобиле или вблизи его, и сохранности самого автомобиля. Для этого непосредственно перед испытаниями, проводимыми при движении автомобиля с высокой скоростью или связанными с повышенными нагрузками на несущую систему, мосты, колеса, подвески и механизмы управления автомобиль подвергают тщательному техническому осмотру с проверкой работы его механизмов, особенно влияющих на безопасность эксперимента, в том числе с применением соответствующего диагностического оборудования.

На испытания, связанные с повышенной опасностью, необходимо соответствующее разрешение с обязательным указанием ответственного за данные испытания лица.

В необходимых случаях, например при проведении испытаний на управляемость и устойчивость, пассивную безопасность, торможение с высоких скоростей, на месте испытаний должен находиться пожарный автомобиль с командой, медицинский автомобиль с персоналом, представитель службы безопасности движения организации, на территории или силами которой проводится испытание.

Водители-испытатели должны иметь определенный водительский стаж и класс (конкретно устанавливаемые правилами безопасности испытаний), опыт езды с высокими скоростями и в сложных дорожных условиях, проходить специальные тренировки по выполнению сложных экспериментов (например, по управляемости автомобиля), а перед выполнением задания

обязательно пройти соответствующий инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

На испытуемом автомобиле, как правило, могут находиться только водитель-испытатель и контролер или экспериментатор. Они должны быть в шлемах и пристегнуты ремнями безопасности (если это предусмотрено правилами проведения данного эксперимента).

Испытания на тягово-скоростные свойства

К тягово-скоростным свойствам относят такие свойства автомобиля, которые обуславливают наибольшую достижимую скорость его движения на отдельных участках пути и среднюю скорость на маршруте в заданных дорожных условиях. Целью данных испытаний автомобиля является определение его тягово-скоростной характеристики и других показателей. Определять показатели тягово-скоростных свойств можно как в дорожных, так и в лабораторных условиях. Тяговая характеристика автомобиля выражает зависимость тягового усилия на ведущих колесах P_k от скорости движения автомобиля V . Ее получают или на всех, или на какой-то одной передаче. Упрощенная тяговая характеристика представляет зависимость свободного тягового усилия P_d на крюке автомобиля от скорости его движения. В лабораторных условиях тяговая характеристика может быть получена при испытаниях на стенде, принципиальная схема которого приведена на рисунке. Ведущие колеса автомобиля опираются на ленту, перекинутую через два барабана. Для уменьшения трения между лентой и ее опорной поверхностью создают воздушную подушку. Барабан 1 соединен с электротормозом, с помощью которого можно плавно изменять нагрузку на ведущих колесах автомобиля.

Свободное тяговое усилие измеряют непосредственно динамометром 2, а полное тяговое усилие на ведущих колесах может быть подсчитано по формуле

$$P_k = P_d + P_f \quad (1)$$

В дорожных условиях тягово-скоростная характеристика может быть получена с помощью динамометрического прицепа, который буксируется испытываемым автомобилем. Изменяя при испытаниях с помощью динамометра тяговое усилие на крюке, а также скорость движения автомобиля, можно построить кривые зависимости $P_k=f(V)$. При этом тяговое усилие подсчитывают по формуле

$$P_k = P'_d + P_f + P_w \quad (2)$$

где P'_d – тяговое усилие на крюке, измеренное с помощью динамометра; P_f и P_w – силы сопротивления качению и воздуху (получают при дополнительных испытаниях).

Тяговая характеристика полностью определяет тягово-скоростные свойства автомобиля, однако ее получение связано с большим объемом испытаний. В большинстве случаев для оценки тягово-скоростных свойств достаточно определить перечисленные далее показатели.

Максимальную скорость V_{\max} определяют при движении на высшей передаче в коробке передач. Разгон должен быть достаточен для достижения установившейся максимальной скорости до въезда в измерительный участок. Разгон и прохождение участка производят при полной подаче топлива. Время прохождения участка (обычно – 1 км) измеряют с помощью автоматических устройств.

Условную максимальную скорость $V_{\max, \text{усл}}$, то есть наибольшую скорость автомобиля, развиваемую на измерительном участке протяженностью 400 м после разгона с места с переключением передач на пути 1600 м при движении с полной подачей топлива, определяют по среднему времени прохождения измерительного участка в двух взаимно противоположных направлениях. Условная максимальная скорость

характеризует скоростные возможности автомобиля при ограниченном пути разгона, то есть в условиях, которые имеют место на дорогах общего пользования в потоке транспорта.

Время разгона на заданном пути 400 м, 1000 м и до заданной скорости определяют при разгоне в тех же условиях, в которых измеряют предыдущий показатель.

Скоростную характеристику разгон – выбег определяют при разгоне с места с полной подачей топлива до V_{max} на пути 2000 м и выбеге до остановки. При разгоне переключение передач от низшей до высшей осуществляют при частоте n_N , затем быстрым выключением передач автомобиль переводят в режим выбега.

Скоростную характеристику разгона на высшей передаче определяют при разгоне на высшей передаче от скорости V_{min} до скорости, соответствующей n_N , при резком и полном нажатии на педаль подачи топлива и удерживании её в таком положении до конца разгона.

Скоростная характеристика на дороге с переменным продольным профилем представляет собой зависимость средней скорости движения от максимально допустимой (ограничение скорости) при проезде измерительного участка протяженностью 10 – 15 км. Участок должен иметь прямолинейный профиль, причем на нем должно быть не менее одного подъема и спуска длиной 600 – 800 м и крутизной не менее 4%. Минимальная скорость ограничения – 30 км/ч, остальные устанавливаются кратными 10 км/ч.

Минимальную устойчивую скорость движения автомобиля определяют на прямой передаче. Измерения производят на двух последовательно расположенных участках пути длиной 100 м каждый с расстояниями между ними равными 200 – 300 м.

Максимальный подъем определяют при движении автомобиля на низшей передаче коробки передач и дополнительной коробки, при $V=const$ и

полной подаче топлива. При этом используют ряд подъемов с искусственным покрытием с постепенно увеличивающимся продольным уклоном (20, 30, 40, 50, 60%).

Установившаяся скорость на затяжном подъеме оказывает влияние на среднюю скорость движения автомобиля и транспортного потока (определяется на затяжном подъеме определенной длины). По существующим нормативам автопоезд с полной нагрузкой при движении по сухому твердому ровному покрытию должен преодолевать подъем величиной 3% протяженностью не менее 3 км при установившейся скорости ≥ 30 км/ч.

Ускорения при разгоне (максимальные и средние на передачах) определяют потенциальные возможности автомобиля при обгонах.

Определение эффективности рабочей тормозной системы

Испытания в зависимости от условий движения и торможения автомобиля и соответственно теплового состояния тормозов делят на три типа, установленные международными организациями ЕЭК ООН: испытания «ноль», испытания I и испытания II.

Испытания «ноль» имеют целью определение эффективности тормозной системы и ее отдельных контуров при «холодных» тормозах. «Холодными» принято считать тормозные механизмы, у которых температура на наружных поверхностях тормозных барабанов или дисков составляет 50—100 °С.

Испытания I проводят для определения эффективности рабочей тормозной системы автомобиля при нагретых тормозных механизмах. Нагрев тормозных механизмов одиночных автомобилей производят путем последовательных торможений, а автотранспортных средств без двигателей (прицепов) - буксировкой заторможенного прицепа автомобилем-тягачом с нормируемым усилием в сцепном устройстве на заданную дистанцию, при заданной скорости.

Нагрев способом буксирования следует проводить таким образом, чтобы количество энергии, поглощенной тормозами за время торможения, было равно количеству энергии, поглощенной за тот же промежуток времени при торможении на спуске длиной 1,7 км с постоянным уклоном 7 % при скорости 40 км/ч. Скорость при буксировании поддерживается равной $40 \pm 1,5$ км/ч, а необходимую для получения эквивалентного количества теплоты силу тяги в сцепном (динамометрическом) устройстве предварительно рассчитывают по специальной стандартизованной методике. После нагрева тормозных механизмов выполняют два контрольных (зачетных) торможения по типу «ноль» с интервалом между ними не более 60 с для определения остаточной эффективности торможениям Испытания I (в указанном выше объеме) для получения достоверных данных должны проводиться не менее двух раз с интервалом, достаточным для охлаждения тормозных механизмов (перед последующим нагревом).

Испытания II предназначены для определения эффективности рабочей тормозной системы при движении на затяжных спусках. Как при испытании I, в процессе предварительного этапа испытания II тормозные механизмы нагревают, а затем осуществляют контрольные торможения по методике испытания «ноль». Тормозные механизмы нагревают способом непрерывного торможения при скорости 30 км/ч на спуске крутизной 6 % протяженностью 6 км либо буксированием заторможенного автомобиля тягачом с заданными скоростью и усилием в сцепном устройстве. Во втором случае непрерывное торможение производят таким образом, чтобы количество энергии, поглощенной тормозными механизмами за время торможения, было равно количеству энергии, поглощаемому за тот же промежуток времени тормозными механизмами данного автомобиля, движущегося со скоростью 30 км/ч по спуску с постоянным уклоном 6 % протяженностью 6 км. При этом в трансмиссии должна быть включена такая передача, чтобы обеспечивалась максимально возможная в данных условиях эффективность

торможения двигателем, частота вращения которого не должна превышать частоту вращения, соответствующую максимальной мощности двигателя.

Для АТС, тормозная система которых имеет РТС или АБС, дополнительно проводят испытания при торможении на повороте, в режиме изменения ряда движения (переставка) и на дороге, на которой коэффициенты сцепления под левыми и правыми колесами различны.

Дополнительные испытания проводят на дороге, отвечающим требованием на тормозные испытания тип 0. Но основные испытания типа 0 для АТС с РТС или АБС проводят на дороге как с высоким значением коэффициента сцепления ($\varphi \geq 0,7$), так и с низким ($\varphi < 0,3$), а в ряде случаев и с разными значениями коэффициента сцепления на обеих сторонах АТС (например, слева $\varphi = 0,7$, и справа $\varphi = 0,3$).

Испытания на управляемость и устойчивость

Под управляемостью автомобиля подразумевается совокупность свойств, обуславливающих возможность осуществлять задаваемую действиями водителя траекторию автомобиля при поддержании возможно высокой скорости движения. К показателям управляемости относят также количество энергии, затрачиваемой водителем на управление автомобилем («легкость управления»). При движении автомобиля в различных условиях на него влияют, с одной стороны, управляющие воздействия водителя, а с другой — возмущающие воздействия со стороны дороги и воздушной среды (неровности пути, порывы бокового ветра и др.). В зависимости от реакции автомобиля на эти возмущения его движение может быть устойчивым или неустойчивым. Устойчивость автомобиля тесно связана с управляемостью, так как чем лучше устойчивость, тем больше вероятность приближения фактических параметров движения автомобиля к задаваемым управляющими воздействиями водителя.

Испытания проводят на стенде с наклоняемой платформой, на которой устанавливают испытуемый автомобиль, предохраняемый от полного опрокидывания страховочными приспособлениями. Платформу наклоняют постепенно с интервалами угла наклона не более 5° , вплоть до начала отрыва от опорной поверхности колес одной стороны одиночного автомобиля или полуприцепа в составе седельного автопоезда. В процессе эксперимента при каждом положении платформы измеряют: углы наклона платформы и автомобиля в двух (переднем и заднем) сечениях. В заключительном положении платформы, соответствующем углу опрокидывания автомобиля, дополнительно измеряют боковые деформации шин нагружаемых колес. По полученным данным вычисляют углы крена подрессоренной массы относительно опорной поверхности для сечений, в которых проведены измерения, и угол крена в центре масс. Экспериментально по специальной методике или расчетным путем по приближенной формуле находят высоту центра масс автомобиля. Статическую устойчивость автомобиля против опрокидывания оценивают методом сравнения полученных показателей устойчивости с заданными нормативными значениями.

Испытания проводят на скоростной, динамометрической, бульжной (ровного мощения) и горной дорогах автополигона и на круглой испытательной площадке, а также на дорогах общего пользования третьей категории, включающих повороты малых радиусов и участки с неровным покрытием.

На динамометрической дороге выполняют заезды для определения устойчивости управления траекторией при торможении и устойчивости курсового управления при торможении, с постепенным увеличением начальной скорости через 10—20 км/ч. На круглой площадке выполняют заезды по определению показателей устойчивости управления траекторией, устойчивости курсового управления и устойчивости против опрокидывания со скоростями до 45 или до 30 км/ч (в зависимости от категории

автотранспортного средства) на радиусе 35 м и со скоростями &о 55 или до 35 км/ч на радиусе 50 м.

На бульжной дороге ровного мощения получают показатели устойчивости управления траекторией, курсовой устойчивости и устойчивости против опрокидывания при пробеге 8 км и скорости, выбираемой из условий безопасности движения, но не свыше 80 км/ч.

На горной дороге определяют показатели устойчивости управления автомобилем при движении на поворотах с повышенными удельными боковыми силами.

На выбранном маршруте дорог общего пользования третьей категории, включающих повороты малых радиусов и участки с неровным покрытием, находят показатели устойчивости управления траекторией, устойчивости курсового управления и устойчивости против опрокидывания. На маршруте дорог первой — третьей категории определяют показатели устойчивости управления скоростью, замедлением, траекторией, курсового управления при торможении с точки зрения вписываемости автомобиля в транспортный поток и возможности выполнения обгонов и перестроений. По каждому из всех перечисленных заездов эксперт-испытатель (проводящий эти эксперименты за рулем испытываемого им автомобиля) выставляет (в протоколе испытаний) оценку, определяемого таким образом (т. е. экспертным методом) показателя по принятой пятибалльной шкале.

1.2 Аналіз сучасних закордонних методів випробувань автомобілів

В ряде стран с высокоразвитой автомобильной промышленностью создана сеть автомобильных полигонов. Большие концерны и фирмы США имеют по несколько таких сооружений: "Форд" - три полигона, "Дженерал Моторс" - два, "Крайслер" и другие - по одному, не считая дочерних автомобильных фирм Европы. "Митсубиси", "Хонда", "Нисан" и др.

автомобильные фирмы Японии также имеют свои хорошо оборудованные автомобильные полигоны. Кроме фирменных, есть государственные (в основном военные) автомобильные полигоны, а также полигоны научно-исследовательских организаций.

Полигон "Дженерал Моторс" в г. Милфорде (США) имеет площадь свыше 1500 га. В его составе есть: кольцевая дорога, два скоростных трека, две взаимно перпендикулярные динамометрические дороги, сеть дорог с разными покрытиями для испытаний на плавность хода и управляемость, для испытания армейских машин на надежность и долговечность. Участок дорог общей длиной 27 км со сверх крепким покрытием для испытания тяжелых внедорожных машин и самых тяжелых гусеничных танков.

Под покрытием скоростного трека проложены провода системы автоматического управления автомобилем. В Европе трек в виде идеального круга радиусом 1280 м имеют компании "Опель" (Германия) и "Фиат" (Италия).

Полигон компании "Форд" в штате Мичиган (США), размещенный в бугристой местности, занимает площадь 1570 га. Главное сооружение на полигоне - скоростной трек, длина полосы которого 8,05 км, ширина — 18,3 м, рассчитанный на 5 рядов движения. Форма трека в плане - овальная с двумя прямолинейными участками. Рядом с треком расположена динамометрическая дорога длиной 4 км, ширина 11 м, покрытие - бетонное. Для испытаний пробегом на износ и надежность используются три дороги с разными покрытиями, многочисленными поворотами, подъемами и спусками. Запроектированная также "бельгийская мостовая" в виде замкнутого маршрута длиной 2,4 км. Общая протяженность испытательных дорог приблизительно 48 км. Также построена серия длинных испытательных подъемов. Есть короткие и крутые подъемы для испытания армейских автомобилей. На полигоне имеются рвы с водой, болотистая местность, ручьи, маршруты по бездорожью.

Технический центр "Пежо" (Франция) занимает площадь приблизительно 400 га. На полигоне размещены такие испытательные трасы: трасса продолжительных испытаний длиной 5,2 км; кольцевой скоростной трек длиной 3,5 км с четырьмя крутыми виражами, "дорога пыток" – мостовая, состоящая из надолбов для испытаний прочности подвески и кузова автомобиля; участок для испытаний на столкновение; участок с подъемами 5 и 30 %; дорога для ускоренных коррозионных испытаний; дорога, покрытая полированным бетоном для испытаний тормозных систем, участок запыленных и лесных дорог.

Технический центр с испытательным полигоном фирмы "Фольксваген" (Германия). Полигон занимает участок прямоугольной формы с отношением сторон приблизительно 1:10. Основные дороги: скоростной трек, дорога для проведения испытаний пробегом на надежность, дорога для ускоренных испытаний, участок для испытаний на устойчивость, управляемость и подъем.

Полигон Японского исследовательского института. Институт и его полигон расположены на общей территории площадью 249 га. На полигоне имеются: скоростной трек длиной 5,5 км, шириной 12 м, дорожное покрытие - цементобетон, максимальная расчетная скорость 190 км/ч; внешняя кольцевая дорога длиной 7,0 км, покрытие - асфальт; многоцелевой испытательный трек (участок) длиной 1,0 км, ширина одной половины 30 м, второй - 45 м, покрытие - цементобетон; участок с устройствами для дистанционного вождения автомобилей; водная ванна глубиной 0,6 м; участок с низким коэффициентом сцепления; дождевая установка; "бельгийская мостовая", покрытая гранитными блоками четырех типов на бетонной основе; испытательный подъем с наклоном 30 % покрытие которого - бетон, длина 10 м, ширина 4 м.

2 ОГЛЯД СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ АВТОМОБІЛІВ

2.1 Огляд обладнання для динамічних випробувань автомобілів, їхні характеристики

Засоби вимірювань для дорожніх випробувань повинні бути компактними, простими в установці й користуванні, вібростійкими; повинні забезпечувати необхідну пропускну здатність палива й необхідну точність вимірів при температурі повітря від мінус 40 °С до плюс 40 °С на всіх режимах руху ТЗ, включаючи максимальну швидкість; установка їх на ТЗ не повинна впливати на опір руху.

Погрішність засобів вимірювань не повинна перевищувати значень, які наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Припустима погрішність засобів вимірювань

№ з/п	Показники	Погрішність, не більше
1.	Витрата палива	1%
2.	Шлях і час	0,5%
3.	Швидкість руху	1%
4.	Частота обертання колінчатого вала двигуна	1%
5.	Швидкість вітру	0,5 м/с
6.	Температура повітря й палива	1 °С
7.	Атмосферний тиск	2,6 кПа (2 мм рт. ст.)
8.	Відносна вологість повітря	7%
9.	Маса ТЗ	0,3%

Для реєстрації даних при дорожніх випробуваннях автомобілів на кафедрі ТМ і РМ ХНАДУ розроблений мобільний вимірювальний комплекс (рис. 2.1), що складається із двох датчиків прискорень Freescale Semiconductor моделі MMA7260QT, а також ЕОМ для зняття й архівації даних.

Якщо датчик прискорення розташований так, що його вісь чутливості перпендикулярна поверхні землі, вихідний сигнал відповідає прискоренню вільного падіння. При зміні кута нахилу, вихідний сигнал зменшується пропорційно косинусу кута між віссю чутливості датчика й абсолютним вертикальним положенням.

Використані для проведення експерименту датчики MMA7260QT – ємнісні акселерометри із трьома робочими осями й межею виміру $\pm 1.5\text{ g}$. Мають убудований фільтр корекції зміни температури, фільтр нижніх частот і крайніх значень, не вимагають додаткових пристроїв. У зазначених датчиках передбачена можливість «сплячого режиму» для економії батареї ЕОМ. Датчики використовують низьку напругу: $2.2\text{V} - 3.6\text{V}$. Мають високу чутливість (800 мВ/г). Характеризуються швидкою ініціалізацією, гарною витривалістю перепадів напруги й впливу статичної електрики.

Напівпровідникові акселерометри Freescale містять ємнісної чутливий елемент і інтегрований на кристалі вимірювальний ланцюг, виконаний за «кмоп-технологією» (рис. 2.3).

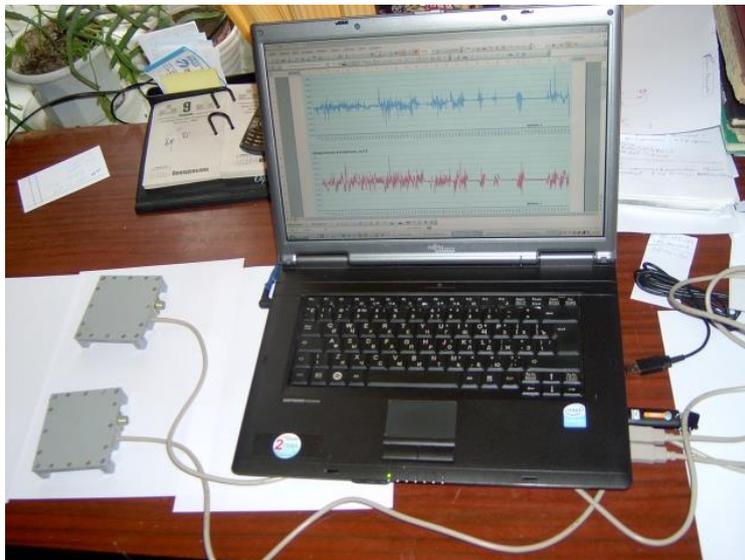


Рисунок 2.1 – Мобільний вимірювальний комплекс, розроблений на кафедрі ТМ і РМ ХНАДУ



Рисунок 2.2 – Установка датчиків прискорень у багажнику випробовуваного автомобіля

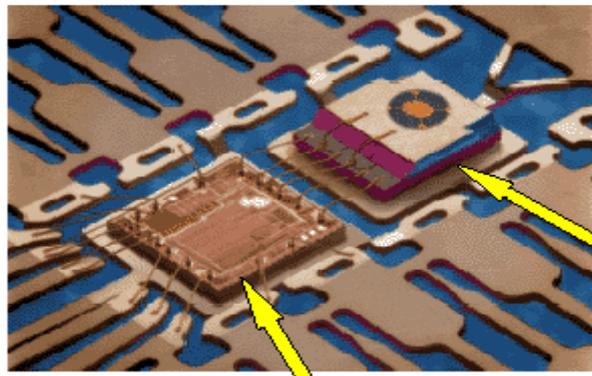


Рисунок 2.3 – Напівпровідниковий акселерометр Freescale

Ємнісної чутливий елемент G-cell є герметичним. Він являє собою механічну структуру, виконану за допомогою напівпровідникового процесу з полікремнію. Диференціальний чутливий елемент має верхні й нижню нерухомі пластини й центральну пластину, закріплену за допомогою пружних елементів. Центральна пластина має сейсмомасу і може зміщатися під впливом прискорення. У складі чутливого елемента є пластина для самотестування цілості датчика. Коли рухлива пластина займає центральне положення, вихідний сигнал дорівнює половині напруги живлення.

2.2 Датчики прискорень та їхні властивості

Акселерометр (від лат. *accelero* — прискорюю й *μετρέω* — вимірюю) — прилад, що вимірює проекцію «гаданого» прискорення. «Гадане» прискорення – рівнодіюча сил негравітаційної природи, що діє на масу і віднесена до величини цієї маси. Акселерометр може застосовуватися як для виміру проекцій абсолютного лінійного прискорення, так і для непрямих вимірів проекції гравітаційного прискорення. Остання властивість використовується для створення інклінометрів. Акселерометри входять до складу інерційних навігаційних систем, де отримані з їхньою допомогою виміри інтегрують, одержуючи інерційн швидкість і координати носія.

Датчики прискорення також широко застосовуються в автомобільній електроніці для виміру прискорення автомобіля в різних напрямках, для виміру вібрацій у системах контролю стану шасі, в АБС, у системах захисту від перекидання й у пристроях проти викрадення.

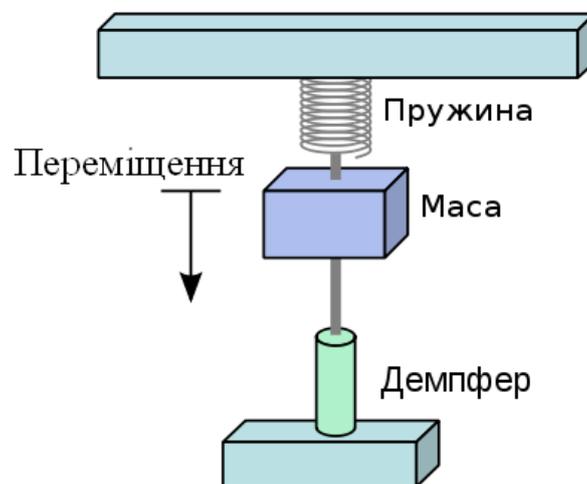


Рисунок 2.4 – Схема найпростішого акселерометра

У цілому, автомобільна сфера застосування акселерометрів сконцентрована в області систем безпеки, комфорту пасажирів, динамічного контролю автомобіля й включає наступні області завдань: Виявлення аварії, активація систем безпеки й контроль розгортання подушок безпеки (Crash detection, Airbag deployment systems, Restraint systems). Детектування крену

(Rollover detection), бічних аварій і перекидань. Аварійні випробування (Crash-tests), у тому числі для оснащення манекенів. Запис даних про аварії (Crash recording). Адаптивний круїз-контроль (Adaptive Cruise Control). Захист пішоходів (Pedestrian Protection). АБС (4WD ABS - Four Wheel Drive AntiLock Brake System). Контроль зчеплення (Traction Control System). Контроль динамічної стабільності (Vehicle Stability Control, Electronic Stability Program). Контроль активної (або напівактивної) підвіски (Active Suspension Control). Системи охоронної сигналізація (Burglar Alarm) у протиугінних системах (Antitheft Systems). Електронне паркування гальма (Electronic Parking Brake). Компенсація вимірів рівня (Fluid Level Compensation). Керування фарами (Headlamp Adjustment). Системи транспортної навігації (Vehicle Navigation Systems) і GPS (Global Positioning System). OBDII - контроль нерівності дороги, Керування двигуном і трансмісією. Спостереження за тиском у шинах (Tire Pressure Monitoring). Сенсорний кластер (Sensor Cluster) - блок інерційних вимірів «inertial measurement unit» (IMU) із шістьма ступенями волі, розташований орієнтовно в центрі автомобіля для збору інформації для все-інерційних систем - протиугінної, VSC, навігації, і т.п.

У процесі кваліметричних випробувань автомобілів акселерометри широко використовуються при оцінці аеродинамічних і тягово-швидкісних якостей, гальмівних якостей, керованості й стійкості, плавності ходу, шуму й вібрації, надійності, пасивній безпеці й ін.

2.3 Калібрування датчиків при проведенні динамічних випробувань

Перед началом дорожно-лабораторных или пробеговых испытаний автомобиля, в частности испытаний на тягово-скоростные качества и топливную экономичность, проводят предварительные измерения для общей оценки технического состояния автомобиля и нахождения некоторых необходимых параметров и коэффициентов.

Калибрование спидометра (указателя скорости автомобиля производят при движении автомобиля на горизонтальном прямолинейном участке дороги с твердым ровным покрытием. При этом автомобиль проходит определенные отрезки пути с заданными установившимися скоростями.

Истинную скорость прохождения автомобилем мерного отрезка пути (км/ч) подсчитывают по формуле

$$v_s = 3,6S/\tau,$$

где S — дистанция заезда, м; τ — время прохождения дистанции, с.

На калибровочном графике по оси ординат откладывают значения абсолютных и относительных (в %) поправок с учетом их знака при соответствующих скоростях движения автомобиля, отсчитываемых по оси абсцисс.

Калибрование счетчика пути проводят по результатам пробега автомобилем точно измеренной дистанции при заданной скорости. Длину дистанции сопоставляют с показаниями счетчика. Дистанция при калибровании должна быть достаточной для получения точности измерения 0,1—0,2 %. В зависимости от цены деления (дискретность отсчета) счетчика пути (0,1 или 1 км) дистанция заезда должна быть не менее 10 км или 50—100 км. Калибрование проводят без груза и с полной нагрузкой на контрольном участке дороги с усовершенствованным гладким покрытием, расположенным в равнинной местности.

Заезды выполняют в двух направлениях, в каждом заезде фиксируют начальное и конечное показание счетчика, а также промежуточные показания — через каждые 10 км.

Поскольку радиус качения ведущих колес автомобиля, непосредственно влияющий на поправочный коэффициент счетчика пути, зависит от скорости движения и нагрузки автомобиля, калибрование следует проводить при определенной скорости, типичной для эксплуатационных условий данного

типа автомобиля. Рекомендуемые значения скорости: для грузовых автомобилей и междугородных автобусов 60 км/ч, автобусов городского типа 40 км/ч, легковых автомобилей 80 км/ч.

Перед выездом на испытание проверяют и устанавливают согласно указаниям руководства по эксплуатации давление в шинах. Непосредственно перед опытом шины должны быть прогреты, для чего производят пробег автомобиля с заданной скоростью в течение 1 ч или на расстояние 50 км.

Поправочный коэффициент счетчика пути определяют по формуле

$$\eta_c = S/S_c,$$

где S — истинный путь, пройденный автомобилем в заезде, км; S_c — путь по счетчику, равный разности конечного и начального показаний счетчика, км.

Следует учитывать, что при износе протектора шин по мере увеличения их пробега, например при ресурсных испытаниях автомобилей, поправочный коэффициент меняется.

Радиус качения колеса находят одновременно с калиброванием счетчика пути. Радиус качения колеса (шины) является условным радиусом, определяющим путь, проходимый центром колеса при заданном числе оборотов, и представляет собой частное от деления пройденного автомобилем отрезка пути на число оборотов колеса за этот путь и на 2. Таким образом,

$$r_k = \frac{1000Su_0}{2\pi c_c S_c u_c} = \frac{1000\eta_c u_0}{2\pi c_c u_c},$$

где u_0 — передаточное число главной передачи ведущего моста автомобиля (с учетом передаточного числа раздаточной коробки, если она имеется); u_c — передаточное число привода спидометра; c_c — постоянная счетчика пути: число оборотов валика привода спидометра на 1 км пути (по показаниям счетчика), $c_c = 624$ об/м.

Истинный пройденный при опыте путь определяют по дорожным знакам или посредством прибора путь — время — скорость (или только путь) с прецизионным (точным) «пятым колесом». Путь свободного качения автомобиля по инерции (выбега) используется в качестве контрольного показателя, характеризующего техническое состояние автомобиля в отношении суммарного сопротивления движению. Для этой цели выбег выполняют с установившейся скорости 50 км/ч у грузовых автомобилей и 80 км/ч у легковых автомобилей до полной остановки автомобиля. В момент перехода на режим выбега выключают сцепление и переводят рычаг коробки передач в нейтральное положение. При помощи прибора путь — время — скорость с «пятым колесом» записывают кривую выбега (в координатах путь — скорость или время — скорость). При упрощенном проведении испытаний измеряют только путь и время выбега.

Кривые разгона, т. е. изменения скорости автомобиля в зависимости от пути и времени разгона, записывают с помощью приборов типа путь — время — скорость, имеющих привод от «пятого колеса», прикрепляемого к автомобилю на шарнирном кронштейне. Особенностью «пятого колеса», обуславливающей необходимость и целесообразность его применения при исследовании, является постоянство периметра или, что то же самое, радиуса качения, вследствие чего обеспечивается достаточно высокая точность измерения пути, пройденного автомобилем.

Для испытания автотранспортных средств на скоростные качества, существует ряд приборов. Например, приборы серии ПВС, предназначенные для регистрации параметров пути, времени и скорости при движении испытуемого автомобиля. Состоят они в основном из «пятого колеса» и регистрирующего (кривую путь — скорость и отметки интервалов времени) или цифропечатающего прибора.

3 ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ, ОТРИМАНИХ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ АВТОМОБІЛІВ

3.1 Отримання графіків лінійних прискорень

З використанням мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу виконується експериментальне визначення зони стійкого руху автомобіля, а також впливу конструктивних і експлуатаційних факторів на стійкість автомобіля проти заносу. Можлива реєстрація динамічних параметрів автомобіля, а також бічних прискорень, що діють на автомобіль у тяговому режимі руху.

Перед виконанням дорожніх випробувань необхідно простежити, щоб агрегати трансмісії й ходової частини автомобілів були прогріті. Шини чисте й сухі, зношування малюнка протектора не більше 5%. Автомобілі випробовують із різним завантаженням. Випробування проводять на горизонтальній ділянці дороги із твердим рівним покриттям при різних погодних умовах.

При експериментальній оцінці експлуатаційних властивостей автомобіля (кваліметричних випробуваннях) у загальному випадку руху виникає проблема визначення контрольної точки, кінематичні параметри якої будуть характеризувати швидкість і прискорення зазначеної машини. Ці параметри необхідно визначати в напрямку поздовжньої осі автомобіля. Контрольною точкою повинен бути полюс повороту, що є центром пружності автомобіля в площині, паралельній площині дороги. Полюс повороту лежить на поздовжній осі автомобіля й серед всіх точок, що належать цієї осі, має найменші значення лінійної швидкості й прискорення. Оскільки координата полюса повороту змінюється згодом, то для зменшення погрішності визначення кінематичних параметрів, кутових прискорень і швидкості

автомобіля запропоновано використати дві контрольні точки, у яких необхідно встановлювати два трьохкоординатних датчики прискорень.

На рис. 3.1 наведена схема лінійних прискорень автомобіля в загальному випадку руху в тяговому режимі. При твердих у бічному напрямку коліс миттєвий центр повороту лежить на продовженні задньої осі автомобіля.

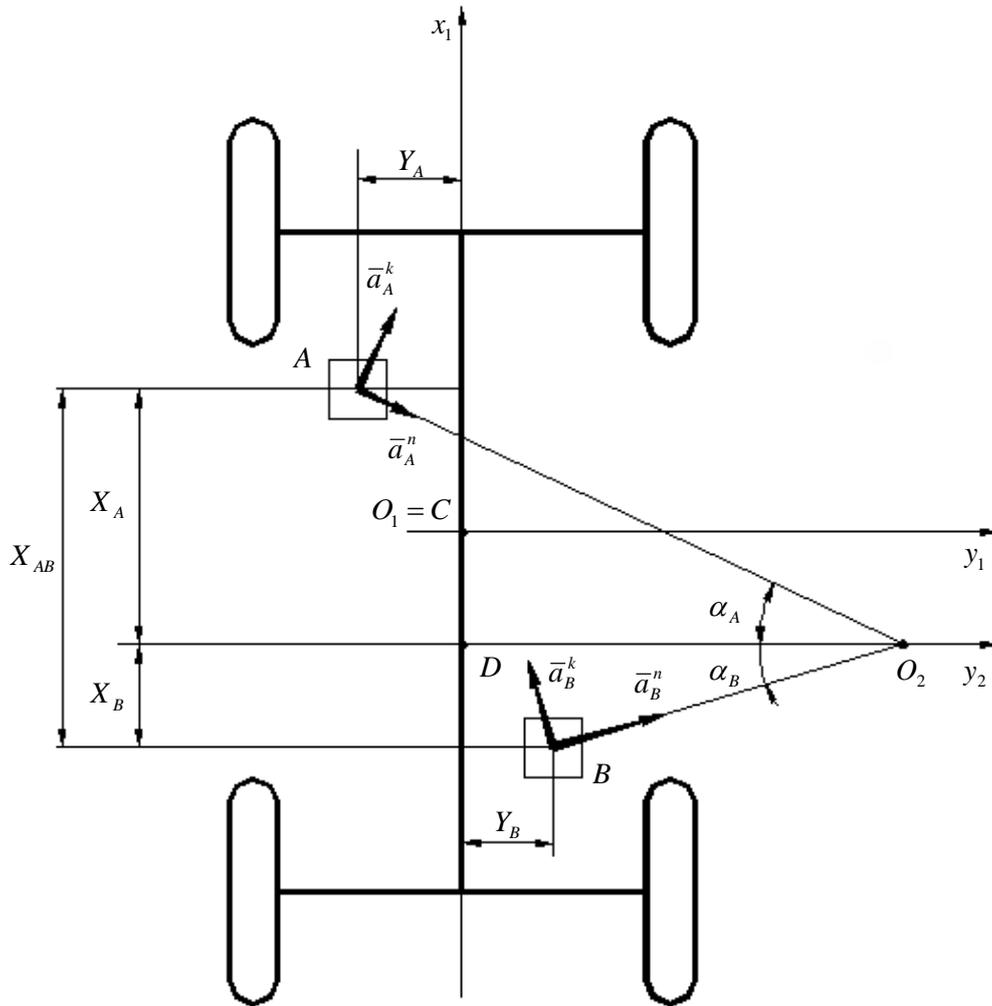


Рисунок 3.1 – Схема виміру лінійних прискорень автомобіля при установці двох акселерометрів: $a_A^k, a_A^n, a_B^k, a_B^n$ – компоненти прискорень точок A і B (контрольних точок, у яких установлені датчики прискорень); X_A, X_B, Y_A, Y_B – координати точок установки датчиків; α_A, α_B – кути установки датчиків прискорень до миттєвого центра повороту

При русі автомобіля з еластичними в бічному напрямку колесами, миттєвий центр повороту переміщується в точку O_2 (див. рис. 3.1), а полюс повороту – у точку D .

Точка D є центром пружності автомобіля в площині, паралельній площині дороги. Її положення змінюється залежно від середнього кута $\bar{\alpha}$ повороту керованих коліс, кутів відведення δ_1 передньої й δ_2 задньої осей.

Кутова швидкість автомобіля в площині дороги визначається з наступного співвідношення

$$\omega = \sqrt{\frac{(a_{AX_1} - a_{BX_1}) \cdot (Y_B - Y_A) + X_{AB} \cdot (a_{AY_1} - a_{BY_1})}{(Y_B - Y_A)^2 + X_{AB}^2}}. \quad (3.1)$$

Кутове прискорення автомобіля

$$\varepsilon = \frac{(a_{AX_1} - a_{BX_1}) \cdot (Y_B - Y_A) + X_{AB} \cdot (a_{AY_1} - a_{BY_1})}{(Y_B - Y_A)^2 + X_{AB}^2}. \quad (3.2)$$

Координати миттєвого центра повороту

$$X_A = \frac{0,5 \cdot X_{AB} \cdot (\varepsilon^2 + \omega^4) + \varepsilon \cdot \bar{a}_{Y_1} - \omega^2 \cdot \bar{a}_{X_1}}{0,5\varepsilon^2 + \omega^4}, \quad (3.3)$$

$$X_B = X_{AB} - X_A. \quad (3.4)$$

Миттєвий радіус повороту автомобіля

$$R_D = \frac{\bar{a}_{Y_1} + 0,5\varepsilon X_{AB}}{\omega^2} - \frac{\varepsilon}{\omega^2} \left(\frac{0,5X_{AB}(\varepsilon^2 + \omega^4) + \varepsilon\bar{a}_{Y_1} - \omega^2\bar{a}_{X_1}}{0,5\varepsilon^2 + \omega^4} \right) + 0,5 \cdot Y_{AB} \quad . (3.5)$$

3.2 Фільтрування експериментальних даних

За допомогою мобільного вимірювального комплексу отримати поздовжні прискорення автомобіля в 3-х площинах.

Застосувавши формули (3.1) - (3.5), розрахувати кутові швидкості та прискорення, радіуси поворотів й швидкість автомобіля під час експерименту.

За допомогою отриманих даних зробити оцінку стійкості вимірюваного автомобіля проти заносу, визначити зони стійкого та нестійкого руху.

Виконати перевірку адекватності отриманих результатів за допомогою наступних параметрів:

1) Середня величина розбіжності

$$\Delta V_C = \frac{\sum_{i=1}^n (V_{Ei} - V_{Pi})}{n};$$

де V_{Ei} – величина параметра, визначеного в i -ої точці експерименту;

V_{Pi} - величина параметра, отримана розрахунковим шляхом і співпадаюча в часі з експериментальною точкою;

n - кількість точок експерименту.

2) Відносна розбіжність експериментальних і розрахункових даних

$$\Delta = \frac{\Delta V_C}{V_C};$$

де V_c - середня величина оцінюваного параметра.

3) Максимальне значення розбіжності

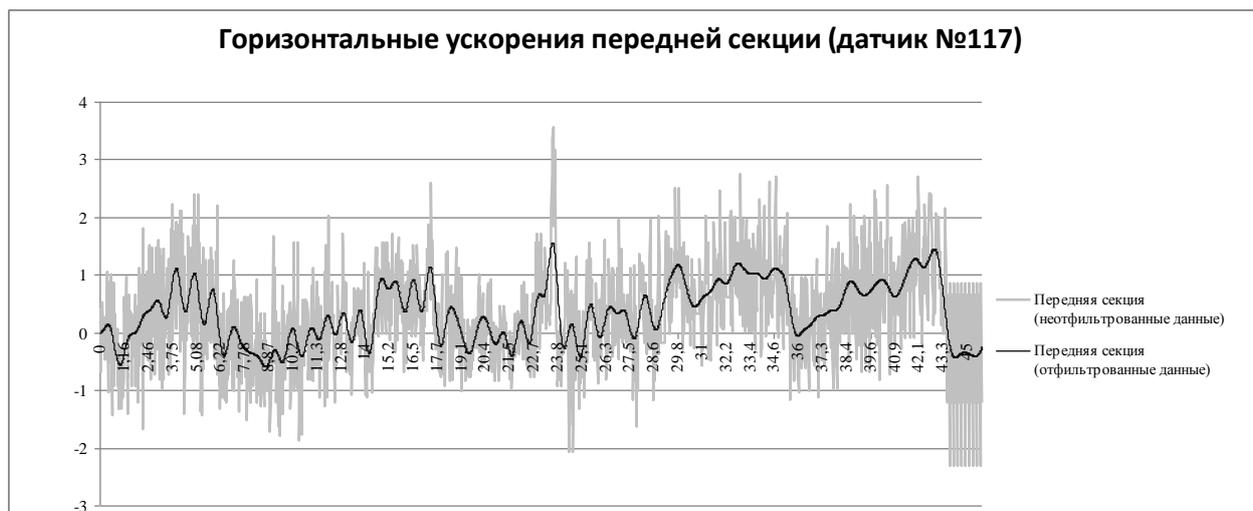
$$\Delta V_M = \max(|V_{Ei} - V_{Pi}|), i = 1 \dots n.$$

4) Відносна максимальна розбіжність

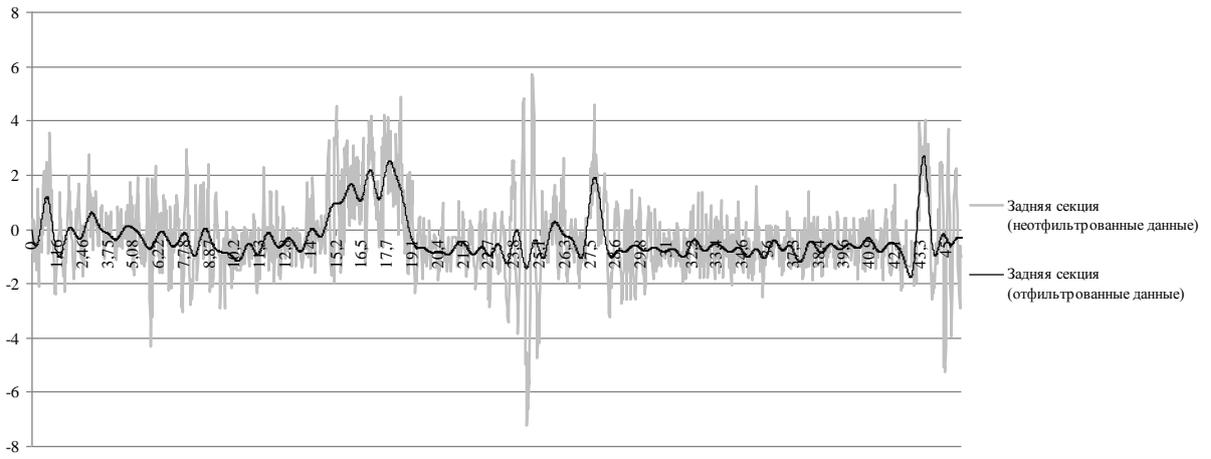
$$\Delta_M = \frac{\Delta V_M}{V_{Ej}};$$

де V_{Ej} - величина параметра, отриманого експериментально й відповідній точці максимальної розбіжності j .

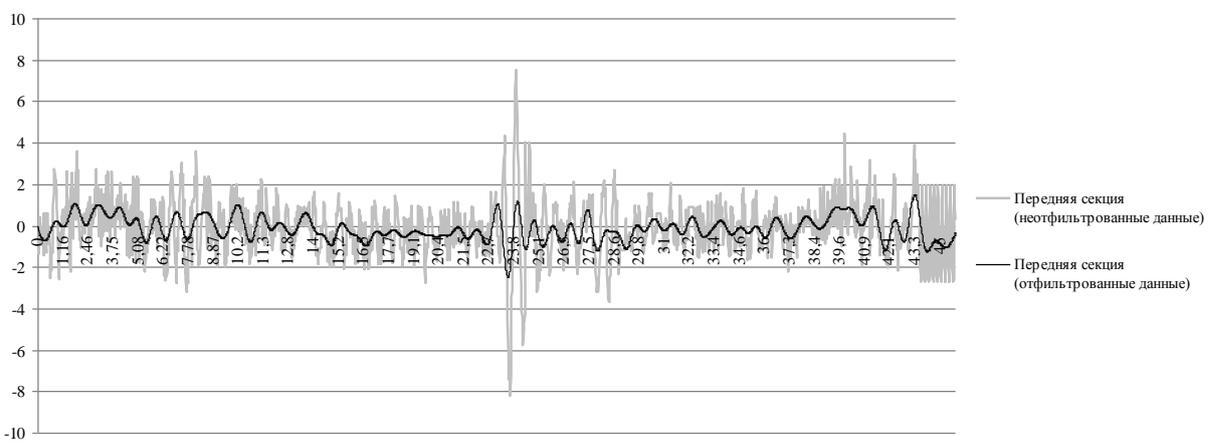
3.3 Отримання графіків динамічних характеристик автомобілів



Вертикальные ускорения задней секции (датчик №445)



Вертикальные ускорения передней секции (датчик №117)



ВИСНОВКИ

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Костылев Ю. С., Лосицкий О. Г. Испытания продукции. - М.: Изд-во стандартов, 1989. – 316 с.
2. Синотов А. Г. Государственные испытания промышленной продукции. Аттестация испытательного оборудования. - М.: ВИСМ, 1986. – 63 с.
3. Лаптев С.А. Комплексная система испытаний автомобилей. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 172 с.
4. Цимбалин В.Б., Кравец В.Н., Кудрявцев С.М. Испытания автомобилей. - М.: Машиностроение, 1978. – 199 с.
5. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
6. Волок В. П. Испытательные стенды. - М: Знание, 1980. – 64 с.
7. ДСТУ 3649-97. Средства транспортные дорожные. Эксплуатационные требования безопасности к техническому состоянию и методы контроля. Киев: Госстандарт Украины, 1998. – 18 с.
8. Клец Д. М. Вплив експлуатаційних факторів та технічного стану автомобіля на його стійкість проти заносу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / Д. М. Клец. – Х., 2009. – 20 с.
9. Подригало М. А. Метрологічне забезпечення динамічних випробувань тягово-транспортних машин / М. А. Подригало, А. І. Коробко, Д. М. Клец, В. І. Гацько // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Тракторна енергетика в рослинництві. – 2009. – Вип. 89. – С. 87–89.
10. Клец Д. М. Метод повышения точности обработки данных, полученных в ходе испытаний мобильных машин, с помощью фильтра Баттерворта / Д. М. Клец // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – № 60 (966). – С. 98–104.