

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 13.09.2023 11:03:27

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1d8e96

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования**

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические рекомендации

По выполнению лабораторных работ обучающихся по дисциплине
«ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ»
для студентов направления подготовки 43.03.01 - Сервис

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры транспортных средств и процессов

протокол № _____ от « _____ » _____ 201_ г.

Зав. кафедрой ТСП _____ Д.К. Сысоев

ВВЕДЕНИЕ

Автомобиль - транспортное средство, предназначенное для перемещения людей и грузов по дорогам с покрытием и без покрытия, а некоторые модели по бездорожью. Автомобиль приводят в движение собственный источник энергии (двигатель) и механизмы, осуществляющие управляемое взаимодействие с опорной поверхностью дороги или грунта.

Эффективность автомобиля определяется его свойствами и степенью их использования в реальных условиях эксплуатации.

Совокупность функциональных свойств и свойств надежности называют эксплуатационными свойствами автомобиля.

Свойства автомобиля заложены в его конструкцию. В отличие от производственных требований (соответствия конструкции технологическим возможностям завода-изготовителя передовым технологиям и т.д.) они проявляются постоянно при эксплуатации автомобиля.

Наука о функциональных свойствах автомобиля, зависимостях этих свойств от его конструктивных параметров, закономерностях движения, об эффективных и безопасных режимах движения автомобиля в заданных условиях называется теория автомобиля. При выполнении лабораторных работ студенты приобретут необходимые знания по расчету основных эксплуатационных свойств автомобиля.

В процессе изучения дисциплины студенты должны овладеть следующими компетенциями:

ПК-1. Готовность к руководству выполнением работ по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств и их компонентов.

Результаты освоения дисциплины:

Знать:

- рабочие процессы, принципы и особенности работы автотранспортных средств и применяемого в эксплуатации оборудования;
- основные тенденции развития автомобильного транспорта;
- законы движения автомобилей;
- конструкцию, элементарную базу автомобилей и применяемого в эксплуатации оборудования; экспериментальные и теоретические методы оценки и пути улучшения эксплуатационных свойств автомобилей, их технического уровня и качества

Уметь:

- самостоятельно осваивать новые конструкции автомобилей и их механизмы и системы; организовывать испытания автомобилей с целью определения показателей эксплуатационных свойств;
- определять расчетно-аналитическим методом показатели эксплуатационных свойств;
- оценивать технический уровень автомобилей и проектировать ее эффективность в заданных условиях эксплуатации;
- оценить технический уровень механизмов и систем автомобилей;
- оценить влияние характеристик и рабочих процессов механизмов и систем на формирование эксплуатационных свойств автомобиля.

Владеть:

- навыками организации технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов;
- способностью к работе в малых инженерных группах;

- методиками безопасной работы.
- Навыками применять полученные знания на практике.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Занятие 10.	6
Тема: «Изучение задач теории эксплуатационных свойств».....	6
Теоретическая часть.....	6
Занятие 11.	11
Тема: Тяговая динамичность.....	11
Занятие 12.	14
Тема: Изучение и программирование топливной экономичности.....	14
Занятие 13.	17
Тема: «Изучение тормозных свойств».....	17
Занятие 14.	21
Тема: «Управляемость».....	21
Занятие 15.	24
Тема: «Изучение поворачиваемости. Маневренность».....	24
Занятие 16.	27
Тема: «Изучение устойчивости».....	27
Занятие 17.	30
Тема: «Проходимость».....	30
Тема 18.	32
Тема: «Изучение плавности хода».....	32
Список рекомендуемой литературы.....	34

Занятие 10.

Тема: «Изучение задач теории эксплуатационных свойств»

Цель работы - Изучение задач теории эксплуатационных свойств

Теоретическая часть

1.1 Свойства, связанные с движением автомобиля

Тяговая динамичность – определяет разгон автомобиля до определенной скорости, развиваемую им максимальную скорость в заданных дорожных условиях, возможность преодоления автомобильных подъемов и участков повышенного дорожного сопротивления.

Тормозная динамичность (тормозные свойства)- определяют возможность экстренной остановки движущегося автомобиля или удержание его в неподвижном состоянии.

Топливная экономичность – способность автомобиля выполнять работу с минимальным расходом топлива.

Плавность хода – предусматривает минимизацию вибраций действующих на пассажиров и груз.

Устойчивость – способность двигаться без опрокидывания и заноса.

Управляемость – способность реагировать на действие водителя.

Проезжимость – способность автомобиля двигаться в плохих дорожных условиях и вне дорог.

Безопасность – комплексное свойство, включающее согласно международным правилам Европейской Экономической Комиссии (ЕЭК) при ООН понятия активной, пассивной и экологической безопасности.

Активная безопасность — свойство снижать вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Пассивная безопасность — свойство снижать тяжесть последствий дорожно-транспортных происшествий.

Экологическая безопасность — свойство автомобиля минимально загрязнять окружающую среду при движении, обслуживании, ремонте и утилизации.

1.2 Свойства автомобиля не связанные с его движением.

Грузоподъемность или вместимость представляет собой свойство автомобиля, определяющее количество грузов или пассажиров, которые могут быть перевезены одновременно.

Приспособленность к погрузочно-разгрузочным работам - свойство автомобиля обеспечивать выполнение этих работ с наименьшими затратами времени и труда.

Приспособленностью к посадке и высадке пассажиров (особенно для автобусов) характеризует продолжительность остановки и удобство пассажиров при входе и выходе.

Кроме того, к свойствам не связанные с движением автомобиля относятся такие как эстетичность, эргономичность (особенно рабочего места водителя) обзорность с рабочего места и многие другие.

1.3 Свойства надежности

Надежность автомобиля одно из важнейших свойств определяющих эффективность его эксплуатации

Надежность – комплексное свойство, не имеющее количественной оценки. Для оценки надежности автомобиля используют понятия безотказности, ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости.

Безотказность - свойство автомобиля непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки. Признаком нарушения работоспособности (отказа) является необходимость текущего ремонта.

Долговечность - свойство автомобиля сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтопригодность - свойство, определяющее приспособленность автомобиля к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов или повреждений и поддержанию или восстановлению работоспособного состояния в результате технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость - свойство автомобиля сохранять безотказность, долговечность и ремонтпригодность после хранения или транспортирования.

Следует отметить, что практически все свойства автомобиля связаны между собой. Например, тяговая и тормозная динамичность, управляемость и устойчивость (свойства связанные с движением), обзорность (свойство не связанное с движением), являются основой активной безопасности автомобиля. Топливная экономичность – основой экологической безопасности, и так далее.

1.4 Оценка эксплуатационных свойств.

Для сравнения автомобилей по эксплуатационным свойствам, придают **количественную оценку** их параметрам с использованием системы измерителей и показателей.

Параметр — величина, характеризующая физическое свойство или режим работы объекта. Движение автомобиля в общем случае характеризуется множеством параметров: скоростью; силами и моментами, действующими на колеса со стороны различных механизмов автомобиля и опорной поверхности дороги и т.д. Соотношения между этими параметрами в значительной мере зависят от конструкции автомобиля.

Измеритель характеризует качественную сторону свойства и представляет собой единицу измерения этого свойства (например, скорость - м/с или км/ч, путь - км и др.).

Показатель определяет количественное значение измерителя. Он позволяет оценить степень выполнения заданных технических требований к эксплуатационным свойствам автомобиля и возможности реализации этих свойств в заданных условиях функционирования.

Пример оценки скорости автомобиля представлен в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Оценка скорости автомобиля

1	2	3
Параметр	Измеритель	Показатель
Максимальная скорость	км/ч	140

1.5 Эксплуатационные свойства и конструкция автомобиля

Эксплуатационные свойства, обеспечивающие движение автомобиля, существенно зависят от конструкции и технического состояния автомобиля, его систем и механизмов. Чем совершеннее конструкция автомобиля и лучше его техническое состояние, тем выше эксплуатационные свойства автомобиля. Поэтому автомобиль, его системы и механизмы конструируют таким образом, чтобы он имел определенные свойства, требуемые для заданных условий эксплуатации и обеспечивающие его эффективное использование. На рис. 1.1 показана связь эксплуатационных свойств с теми системами и механизмами автомобиля, конструкция и техническое состояние которых оказывают наибольшее влияние на эти свойства.



Рис. 1.1 Примерная связь эксплуатационных свойств с системами и механизмами автомобиля

1.6 Условия эксплуатации автомобиля

Свойства автомобиля, наиболее полно проявляются в условиях эксплуатации.

Условиями эксплуатации автомобиля называются условия, в которых осуществляются перевозки пассажиров, грузов, специального оборудования и которые характеризуются различными внешними факторами.

К условиям эксплуатации относятся дорожные, транспортные и природно-климатические условия.

Дорожные условия определяются рельефом местности, продольным профилем и извилистостью дорог в плане, шириной проезжей части, числом полос движения, ровностью и прочностью дорожного покрытия, стабильностью состояния дороги, интенсивностью, режимом и видом движения, а также помехами.

Основой дорожных условий эксплуатации являются дороги, которые по назначению подразделяются на дороги общего пользования, автомагистрали, внутрихозяйственные (сельские) и городские (улицы). Дорожные условия эксплуатации оказывают наибольшее влияние на эксплуатационные свойства автомобиля.

Транспортные условия эксплуатации характеризуются видом и количеством перевозимых грузов, дальностью перевозок, способами погрузки и выгрузки грузов, режимом работы, видом маршрутов, условиями хранения, техническим обслуживанием и ремонтом автомобиля.

Транспортные условия эксплуатации определяют специализацию автомобиля, которая обеспечивает максимальную приспособленность к перевозке определенного вида груза.

Природно-климатические условия эксплуатации характеризуются температурой окружающего воздуха, атмосферным давлением и осадками (туман, дождь, снег).

Территория России включает в себя в основном зоны умеренного и холодного климата. В зоне умеренного климата сосредоточена наибольшая часть подвижного состава автомобильного транспорта страны. Все автомобили общего назначения и специализированный подвижной состав приспособлены к перевозкам в этой зоне.

В зоне холодного климата зимой температура опускается до -50°C и ниже, а продолжительность зимнего периода со снежным покровом в отдельных районах с суровым климатом составляет 200 — 280 дней в году. Для этой зоны должны выпускаться специальные автомобили в северном исполнении: с морозостойкими шинами, легко запускаемыми при низких температурах двигателями и т. п.

Совокупность потребительских свойств определяет полезность автомобиля, а при его использовании в коммерческих целях, эффективность и прибыль, получаемую от его использования.

Оборудование и материалы

1. Учебные макеты шасси автомобиля с разрезными агрегатами и механизмами в сборе;
2. Учебные макеты механизмов, приборов и систем автомобиля;
3. Плакаты и схемы компоновки автомобилей.

Указания по технике безопасности

Изучить меры безопасности в «Лаборатории конструкции и устройства автомобилей».

Задания

В начале занятия студента необходимо тщательно изучить информационный материал, приведенный в приложении к данным методическим указаниям, затем по учебным макетам и плакатам изучить материал темы, после чего кратко изложить изученный материал в следующей последовательности:

1. Описать свойства, связанные с движением автомобиля;
2. Описать свойства автомобиля не связанные с его движением;
3. Описать свойства надежности;
4. Описать Оценка эксплуатационных свойств;
5. Описать эксплуатационные свойства и их взаимосвязь с конструкцией автомобиля;
6. Описать условия эксплуатации автомобиля.

Содержание отчета

Лабораторная работа содержит расчеты основных параметров движения автомобиля, содержанием которых является оценка основных конструктивных факторов и их влияния на эксплуатационные показатели автомобиля.

Отчет лабораторной работы выполняют на листах формата А4 на одной стороне листа. По мере выполнения расчетов на отдельных листах миллиметровой бумаги строят графики.

Последовательность изложения материала в отчете:

1. Тема работы.
2. Задание.
3. Описать содержание в последовательности, представленной в разделе «Задания»
5. Ответы на контрольные вопросы (устно).

Контрольные вопросы

1. Описать свойства, связанные с движением автомобиля;
2. Описать свойства автомобиля не связанные с его движением;
3. Описать свойства надежности;
4. Описать Оценка эксплуатационных свойств;
5. Описать эксплуатационные свойства и их взаимосвязь с конструкцией автомобиля;
6. Описать условия эксплуатации автомобиля.

Занятие 11.

Тема: Тяговая динамичность

Цель работы – изучить факторы, влияющие на тяговую динамичность автомобиля, определить максимальный угол подъема, преодолеваемый автомобилем в переднеприводном и заднеприводном вариантах по условиям сцепления.

Теоретическая часть

Реакции горизонтальной дороги от переднего R_{z1} и заднего R_{z2} мостов можно принять из работы № 1.

С увеличением угла преодолеваемого подъема нагрузка на задний мост увеличивается, на передний уменьшается.

Реакция дороги

$$R_{z1} = \frac{m_a \cdot g}{L} (b \cdot \cos \alpha - h_g \cdot \sin \alpha) \quad (1)$$

$$R_{z2} = \frac{m_a \cdot g}{L} (a \cdot \cos \alpha + h_g \cdot \sin \alpha) \quad (2)$$

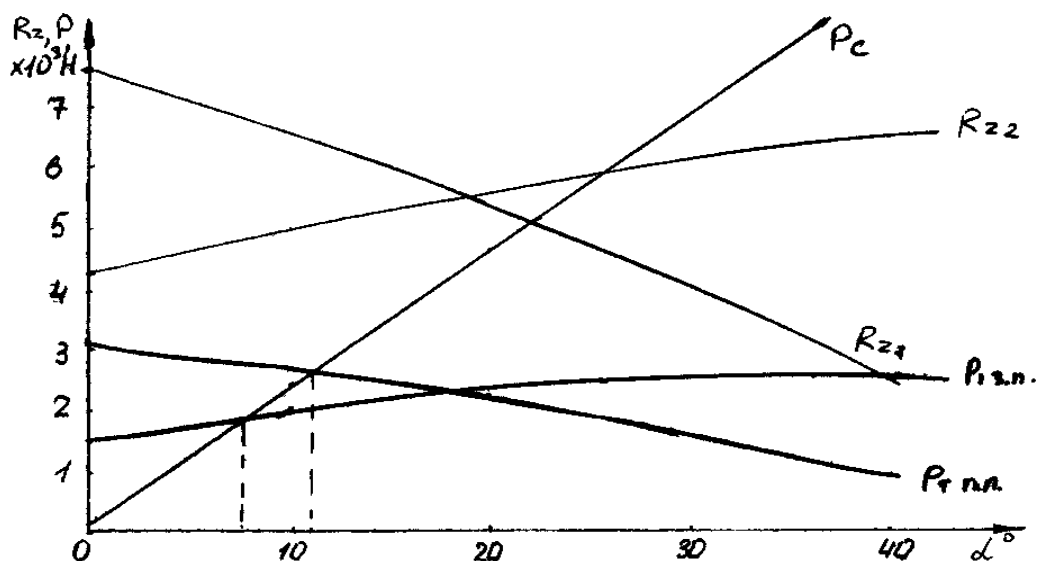
Подставляя в формулы (1) и (2) из исходных данных значения m_a , b , a , h_g определить величины R_{z1} и R_{z2} при изменении α от 0 до 40° (5 точек).

Результаты расчета занести в таблицу.

Таблица 2.1.

α°	0	10	20	30	40
$\sin \alpha$					
$\cos \alpha$					
R_{z1} , Н					
R_{z2} , Н					

Построить графики $R_{z1}(\alpha)$ и $R_{z2}(\alpha)$.



Обратить внимание, что при любых значениях α $R_{z1} + R_{z2} = m_a \cdot g$. На графиках R_z (α) нанести зависимости максимальной силы тяги автомобиля по условиям сцепления колес с дорогой.

Сила сцепления колес с дорогой

$$P_{\text{сц}} = R_z \cdot \varphi_x \quad (3)$$

Движение автомобиля без буксования возможно, если

$$P_T \leq P_{\text{сц}}.$$

Для заднеприводного автомобиля

$$P_{T2} \leq R_{z2} \cdot \varphi_x \quad (4)$$

Для переднеприводного

$$P_{T1} \leq R_{z1} \cdot \varphi_x \quad (5)$$

Сила сопротивления движению автомобиля

заднеприводного

$$P_{c3} = R_{z1} \cdot f_0 \quad (6)$$

переднеприводного

$$P_{cп} = R_{z2} \cdot f_0 \quad (7)$$

Условие движения автомобиля

$$P_c \leq P_T \leq P_{\text{сц}}.$$

Оборудование и материалы

1. Мощностной стенд;
2. Автомобиль заднеприводной компоновки (ВАЗ-2107);
3. Автомобиль переднеприводной компоновки (ВАЗ-2110);
4. Рулетка;
5. Весы для определения нагрузки на ось автомобиля.

Указания по технике безопасности

Изучить меры безопасности в «Лаборатории конструкции и устройства автомобилей».

Задания

1. По исходным данным начертить в масштабе схему автомобиля, движущегося на подъем.
2. Определить изменение реакций дороги от переднего R_{z1} и заднего R_{z2} мостов при увеличении угла α преодолеваемого объема от 0 до 40°.
3. Построить графики изменения $R_{z1}(\alpha)$ и $R_{z2}(\alpha)$.
4. На рисунке с графиками $R_z(\alpha)$ нанести зависимости максимальной силы тяги автомобиля $P_{T \max}$, приложенной к ведущим колесам и силы P_c сопротивления дороги, приложенной к ведомым колесам в переднеприводном и заднеприводном вариантах для значений

$$\varphi_x = 0,75$$

$$\varphi_x = 0,4$$

$$f_0 = 0,012$$

5. Определить максимальный угол подъема, преодолеваемый автомобилем в переднеприводном и заднеприводном вариантах по условиям сцепления.

Содержание отчета

Для выполнения лабораторной работы каждому студенту задают основные параметры абстрактного автомобиля:

- массу автомобиля (m_a);
- колесную базу (L);
- координаты центра тяжести (a, b, h_g);

- начальную скорость движения (V_0)
- и другие.

Лабораторная работа содержит расчеты основных параметров движения автомобиля, содержанием которых является оценка основных конструктивных факторов и их влияния на эксплуатационные показатели автомобиля.

Отчет по лабораторной работе выполняют на листах формата А4 на одной стороне листа. По мере выполнения расчетов на отдельных листах миллиметровой бумаги строят графики.

Последовательность изложения материала в отчете:

1. Тема работы.
2. Задание.
3. Расчетная часть.
4. Рисунки и графики.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Чем отличаются коэффициенты f и f_0 ?
2. Почему в настоящей работе используют коэффициент f_0 вместо ψ ?
3. Что делать, если переднеприводный автомобиль не может преодолеть подъем по условиям сцепления?
4. Как изменяется максимально возможный угол подъема с увеличением скорости движения?
5. Как определить силу тяги на колесах автомобиля, зная мощность двигателя, крутящий момент, передаточное число трансмиссии?
6. Что такое динамический фактор?
7. Как динамический фактор зависит от коэффициента воздушного сопротивления автомобиля?

Занятие 12.

Тема: Изучение и программирование топливной экономичности

Цель работы: изучить, как изменяется расход топлива в зависимости от изменения различных параметров

Теоретическая часть

Путевой расход топлива автомобиля определяют по формуле:

$$Q_s = g_e \frac{(P_{\dot{a}} + P_{\dot{a}})}{36000 \cdot \rho_{\dot{o}} \cdot \eta_{\dot{o}}}, \quad (1)$$

где g_e – удельный расход топлива $\left(\frac{\dot{e} \tilde{a}}{\dot{e} \dot{a} \dot{o} \cdot \div} \right)$;

$P_{\dot{o}}$ – сила дорожного сопротивления (Н);

$P_{\dot{e}}$ – сила воздушного сопротивления (Н);

ρ_m – плотность топлива в т.ч.:

бензина $\rho_m \approx 0,75$ кг/л;

дизельного $\rho_m \approx 0,85$ кг/л;

η_m – коэффициент полезного действия трансмиссии.

Сила дорожного сопротивления:

$$P_{\dot{a}} = G_a \cdot \varphi = G_a (i + f), \quad (2)$$

где i – уклон дороги ;

f – коэффициент сопротивления качению.

Величина f зависит от скорости движения автомобиля.

$$f = f_0 \left(1 + \frac{V^2}{20000} \right), \quad (3)$$

где f_0 – коэффициент сопротивления качению дорожного покрытия;

V – скорость движения.

При расчетах принять значения: $f_0 = 0,01; 0,015; 0,02; 0,04$.

Сила воздушного сопротивления:

$$P_{\dot{a}} = \hat{E}_{\dot{a}} \cdot \hat{A} \cdot \hat{I} \cdot V^2, \quad (4)$$

Зависимость путевого расхода топлива от скорости движения автомобиля:

$$Q_s = \frac{(P_{\dot{a}} + P_{\dot{a}})}{36000 \cdot \rho_{\dot{o}} \cdot \eta_{\dot{o}}} \cdot \left[G_a (i + f_0) + \left(G_a f_0 \frac{1}{20000} + K_{\dot{a}} \cdot \hat{A} \cdot \hat{I} \right) \cdot V^2 \right] \quad (5)$$

В расчетах принимать:

$K_e = 0,3 \dots 0,5 \frac{\dot{I} \cdot \tilde{n}^2}{\dot{i}^4}$ – коэффициент лобового сопротивления;

B – колея автомобиля;

H – высота автомобиля.

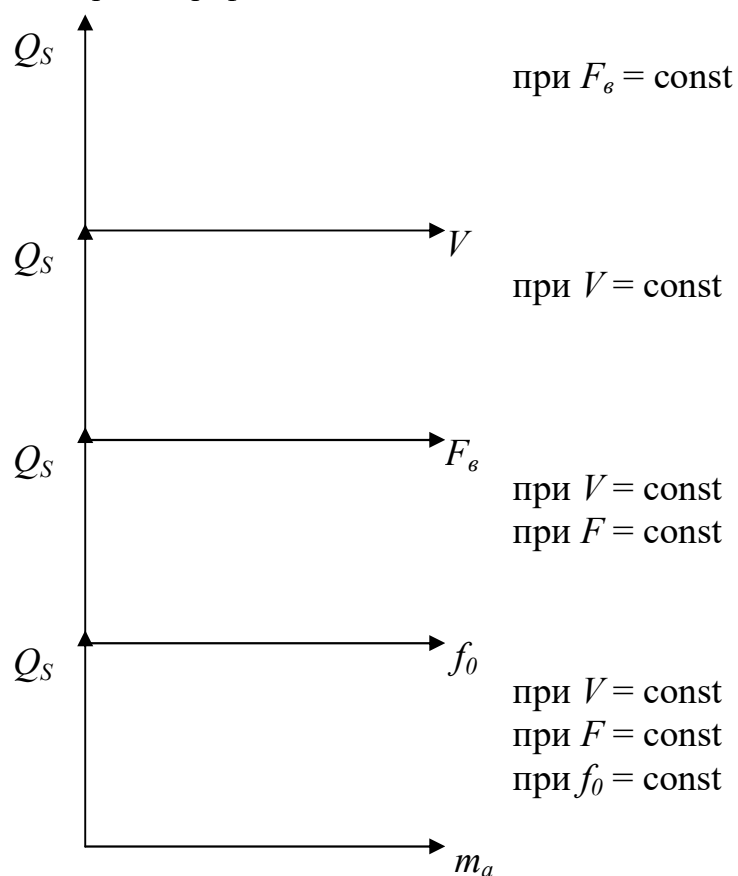
$H = 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2$ м.

Произведение $\hat{A} \cdot \dot{I} = F_a$ – лобовая площадь автомобиля.

Коэффициент полезного действия трансмиссии η_T задавать в пределах:

$\eta_T = 0,85 \dots 0,95$

Выполнить расчеты и построить графики:



Оборудование и материалы

1. Мощностной стенд;
2. Автомобиль заднеприводной компоновки (ВАЗ-2107);
3. Автомобиль переднеприводной компоновки (ВАЗ-2110);
4. Рулетка;
5. Весы для определения нагрузки на ось автомобиля.

Указания по технике безопасности

Изучить меры безопасности в «Лаборатории конструкции и устройства автомобилей».

Задания

1. По исходным данным определить путевой расход топлива автомобилем.
2. Построить графики изменения расхода топлива в зависимости от:
 - скорости движения;
 - коэффициента сопротивления дороги;
 - массы автомобиля;
 - лобовой площади автомобиля.

Содержание отчета

Для выполнения лабораторной работы каждому студенту задают основные параметры абстрактного автомобиля:

- массу автомобиля (m_a);
 - колесную базу (L);
 - координаты центра тяжести (a, b, h_g);
 - начальную скорость движения (V_o)
- и другие.

Лабораторная работа содержат расчеты основных параметров движения автомобиля, содержанием которых является оценка основных конструктивных факторов и их влияния на эксплуатационные показатели автомобиля.

Отчет по лабораторной работе выполняют на листах формата А4 на одной стороне листа. По мере выполнения расчетов на отдельных листах миллиметровой бумаги строят графики.

Последовательность изложения материала в отчете:

6. Тема работы.
7. Задание.
8. Расчетная часть.
9. Рисунки и графики.
10. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Что такое фактор обтекаемости?
2. От чего зависит коэффициент лобового сопротивления?
3. Что такое формула Шлиппе?
4. Как изменится расход топлива, если скорость автомобиля увеличить в 2 раза?
5. Как изменится расход топлива, если массу автомобиля увеличить в 2 раза?

Занятие 13.

Тема: «Изучение тормозных свойств»

Цель работы: изучить, как изменяется расход топлива в зависимости от изменения различных параметров

Теоретическая часть

Исходные данные:

a – расстояние от центра тяжести до оси переднего моста (м);

b – расстояние от центра тяжести до оси заднего моста (м);

h_g – высота расположения центра тяжести автомобиля от поверхности дороги (м);

m_a – масса автомобиля (т);

V_o – начальная скорость движения автомобиля (км/ч).

База автомобиля – расстояние между осями переднего и заднего мостов

$$L = a + b, \text{ м} \quad (1)$$

Вертикальные реакции мостов неподвижного автомобиля можно найти из уравнения моментов, т.е. $\sum M = 0$

или для переднего моста

$$R_{z1} \cdot L - m_a \cdot g \cdot b = 0, \quad (2)$$

для заднего моста

$$R_{z2} \cdot L - m_a \cdot g \cdot a = 0,$$

где g – ускорение свободного падения;

R_{z1} – реакция дороги от переднего моста;

R_{z2} – реакция дороги от заднего моста.

Максимальное замедление автомобиля определяют по формуле

$$\dot{j}_{3 \max} = \varphi_x \cdot g \quad (3)$$

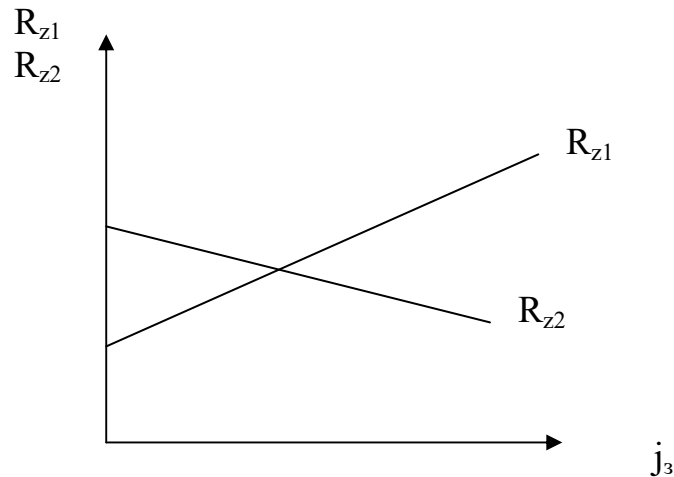
При торможении автомобиля за счет действия силы инерции нагрузки на передний мост увеличивается, на задний снижается.

При этом реакции дороги

$$R_{z1} = \frac{m_a \cdot g}{L} \left(b + \frac{h_g \cdot j_3}{g} \right) \quad (4)$$

$$R_{z2} = \frac{m_a \cdot g}{L} \left(a - \frac{h_g \cdot j_3}{g} \right) \quad (5)$$

Подставляя в выражения (4) и (5) численные значения m_a , L , h_g из исходных данных рассчитывают R_{z1} и R_{z2} при различных значениях j_3 в диапазоне $0 < j_3 \leq j_{3 \max}$ и строят графики изменения $R_z(j_3)$



При расчетах следует обратить внимание, что при любых значениях j_3

$$R_z + R_z = m_a \cdot g$$

Критическая величина замедления при $R_{z2} = 0$:

$$j_{\text{крит}} = \frac{a \cdot g}{h_g} \quad (6)$$

Тормозной путь автомобиля (без учета реакции водителя) определяют как

$$S_T = S_{T \text{ с}} + S_H + S_{T \text{ уст.}}, \quad (7)$$

где $S_{T \text{ с}}$ – путь, проходимый за время срабатывания тормозов;

S_H – путь, проходимый за время нарастания замедления;

$S_{T \text{ уст.}}$ – путь, проходимый за время установившегося торможения.

Составляющие тормозного пути

$$S_{T \text{ с}} = V_o \cdot t_c, \quad (8)$$

где t_c – время срабатывания тормозов

$$S_{T \text{ н}} = V_o \cdot t_H - \frac{j_3 \cdot t_i^2}{6}, \quad (9)$$

где t_H – время нарастания замедления

$$S_{\text{ост}} = \frac{V_{\text{ост}}^2}{2j_3} \quad (10)$$

где $V_{\text{ост}}$ – начальная скорость установившегося режима торможения.

$$V_{\text{ост}} = V_o - 0,5 j_3 \cdot t_H.$$

По результатам расчетов построить графики торможения автомобиля.

Содержание отчета

Для выполнения лабораторной работы каждому студенту задают основные параметры абстрактного автомобиля:

- массу автомобиля (m_a);
 - колесную базу (L);
 - координаты центра тяжести (a, b, h_g);
 - начальную скорость движения (V_o)
- и другие.

Лабораторная работа содержат расчеты основных параметров движения автомобиля, содержанием которых является оценка основных конструктивных факторов и их влияния на эксплуатационные показатели автомобиля.

Отчет по лабораторной работе выполняют на листах формата А4 на одной стороне листа. По мере выполнения расчетов на отдельных листах миллиметровой бумаги строят графики.

Последовательность изложения материала в отчете:

1. Тема работы.
2. Задание.
3. Расчетная часть.
4. Рисунки и графики.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Как из данной работы определить максимальную тормозную силу, при которой наступает блокировка колеса?
2. Блокировка каких колес наступает раньше, почему?
3. Блокировка каких колес опаснее, почему?
4. Как влияет вес автомобиля на величину замедления?
5. Как влияет конструкция тормозов на величину замедления и тормозной путь?
6. Как влияет коэффициент ϕ_x сцепления с дорогой и угол α уклона дороги на величину j_z , S_T и на распределение R_z .
7. Для чего на автомобилях применяют регуляторы тормозных сил.

Занятие 14.

Тема: «Управляемость»

Цель работы: изучить, как изменяется расход топлива в зависимости от изменения различных параметров

Теоретическая часть

Боковое скольжение мостов автомобиля не происходит одновременно. Начало скольжения зависит от вертикальной нагрузки на мост, коэффициента сцепления шин с дорогой, давления воздуха в шинах, рисунка протектора, касательной реакции на колесе и т.д.

$$R_y = \sqrt{R_z^2 \cdot \varphi_x^2 - R_x^2}, \quad (1)$$

где R_z – вертикальная реакция моста (нагрузка на мост);

R_x – касательное усилие на колесе;

φ_x – коэффициент сцепления шин с дорогой

При расчете величины R_z вертикальные реакции автомобиля, движущегося равномерно по горизонтальной дороге, можно принять из лабораторных работ №№ 1,2.

Величину R_x можно рассчитать по формуле:

$$R_x = G_a f_0 \left(1 + \frac{V^2}{20000} \right) + K_a B H V^2, \quad (2)$$

где G_a – вес автомобиля;

f_0 – коэффициент сопротивления качению колеса ($f_0 \approx 0,001 \dots 0,015$);

V – скорость движения автомобиля (м/с);

K_a – коэффициент лобового сопротивления $K_a = 0,2 \dots 0,5$;

B – колея автомобиля, м (принимают из лабораторной работы №4)

H – высота автомобиля (принимают из лабораторной работы №5)

Для ведомого моста $R_x = 0$ т.е. сопротивлением подшипников можно пренебречь. Критическая скорость по условиям управляемости определяет предел, при котором начинается боковое скольжение управляемых колес, т.е. автомобиль не вписывается в поворот.

Её определяют по формуле:

$$U_{\text{крит}} = \sqrt{\frac{\sqrt{\varphi_x^2 - f^2}}{\sqrt{\tan \theta - f}}} g \cdot L \cdot \cos \theta, \text{ м/с} \quad (3)$$

где φ_x – коэффициент сцепления шин с дорогой;

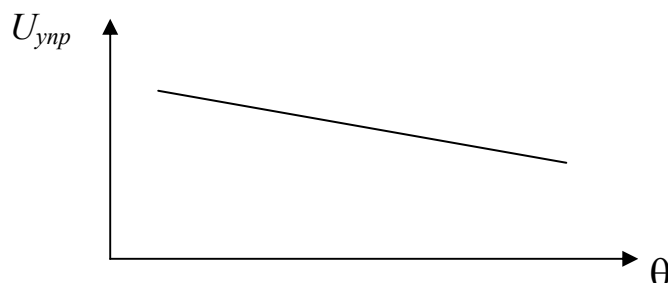
f_0 – коэффициент сопротивления качению колеса;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

L – база автомобиля, м;

θ – средний угол поворота управляемых колес.

По исходным данным работ № 1, 2 рассчитать $U_{\text{упр}}(\theta)$



Результат расчета сравнить с величиной критической скорости по опрокидыванию и заносу. Сделать выводы.

Оборудование и материалы

1. Мощностной стенд;
2. Автомобиль заднеприводной компоновки (ВАЗ-2107);
3. Автомобиль переднеприводной компоновки (ВАЗ-2110);
4. Рулетка;
5. Весы для определения нагрузки на ось автомобиля.

Указания по технике безопасности

Изучить меры безопасности в «Лаборатории конструкции и устройства автомобилей».

Задание

1. Определить боковую реакцию, при которой произойдет занос моста (переднего или заднего) при движении автомобиля с заданной скоростью в переднеприводном и заднеприводном вариантах.

2. Определить величину критической скорости по управляемости при движении автомобиля на повороте, построить графики изменения критической скорости для $\theta = 5; 10; 15; 20^\circ$ при $\varphi_x = 0,7$ и $f_0 = 0,01$

Содержание отчета

Для выполнения лабораторной работы каждому студенту задают основные параметры абстрактного автомобиля:

- массу автомобиля (m_a);
 - колесную базу (L);
 - координаты центра тяжести (a, b, h_g);
 - начальную скорость движения (V_0)
- и другие.

Лабораторная работа содержит расчеты основных параметров движения автомобиля, содержанием которых является оценка основных конструктивных факторов и их влияния на эксплуатационные показатели автомобиля.

Отчет по лабораторной работе выполняют на листах формата А4 на одной стороне листа. По мере выполнения расчетов на отдельных листах миллиметровой бумаги строят графики.

Последовательность изложения материала в отчете:

1. Тема работы.
2. Задание.
3. Расчетная часть.
4. Рисунки и графики.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Критерии оценки управляемости автомобиля.

2. Условия качения передних колес без поперечного скольжения.
3. Что такое увод колеса?
4. От каких факторов зависит величина увода и как влияет на управляемость.
5. Что такое поворачиваемость?
6. В каких случаях автомобиль обладает недостаточной, избыточной и нейтральной поворачиваемостью?
7. Какая сила является причиной сноса переднего моста?
8. Как реагирует автомобиль на занос переднего и заднего моста?

Занятие 15.

Тема: «Изучение поворачиваемости. Маневренность»

Цель работы: Изучить степени поворачиваемости автомобиля и их влияние на безопасность дорожного и удобство управления автомобилем. Маневренность автомобиля.

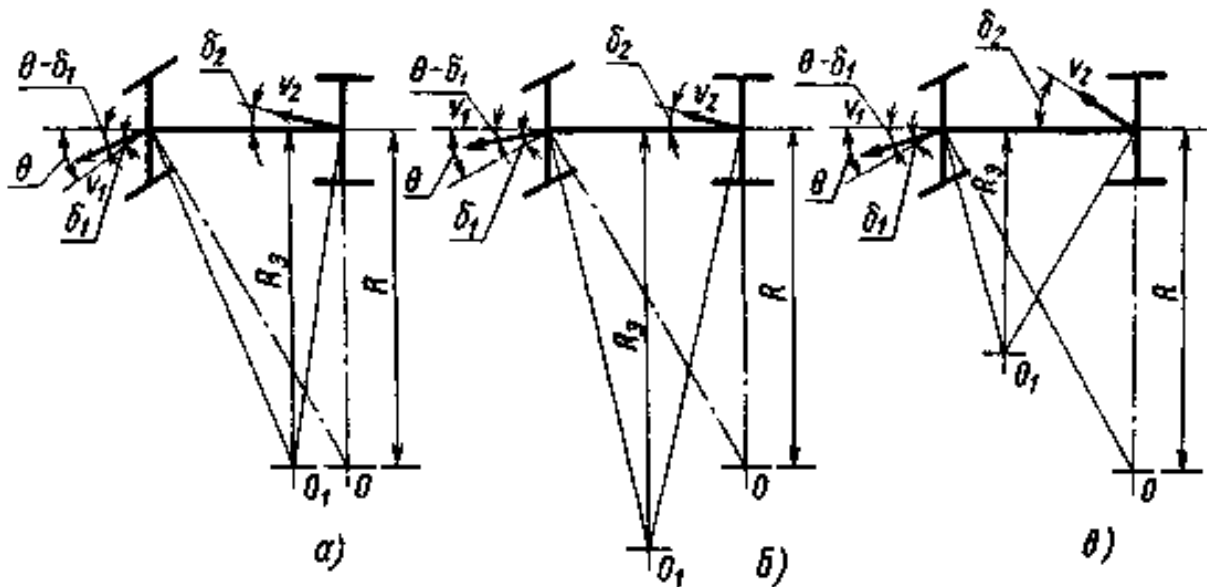
Теоретическая часть

Коэффициент поворачиваемости автомобиля

$$\eta_{пов} = \frac{G_2 \cdot k_{y\delta_1}}{G_1 \cdot k_{y\delta_2}} \quad (1)$$

где G_1, G_2 – часть автомобиля, приходящаяся на передний и задний мост соответственно. Величина G_1 и G_2 зависит от конструкции автомобиля, размещения пассажиров и груза.

При излишней поворачиваемости $\eta_{пов} > 1$, при нейтральной $\eta_{пов} = 1$, при недостаточной $\eta_{пов} < 1$



Схемы движения автомобилей с различной степенью поворачиваемости:

- а) нейтральная поворачиваемость, б) недостаточная поворачиваемость, в) излишняя поворачиваемость.

При прямолинейном движении автомобиля возмущающая сила P_y , действующая поперек направления движения, создает увод передних и задних шин. При этом при $\eta_{пов} \neq 1$ автомобиль движется по дуге радиусом

$$R_y = \frac{L}{\operatorname{tg}(\theta - \delta_1) + \operatorname{tg} \delta_2}, \text{ м} \quad (2)$$

где L – база автомобиля;

θ – средний угол поворота управляемых колес (при прямолинейном движении $\theta = 0$);

δ_1, δ_2 – углы увода переднего и заднего мостов (рад)

Величину δ можно определить из выражения

$$R_y = k_{y\delta} \cdot \delta, \text{ Н} \quad (3)$$

где R_y – поперечная реакция моста на действие возмущающей силы.

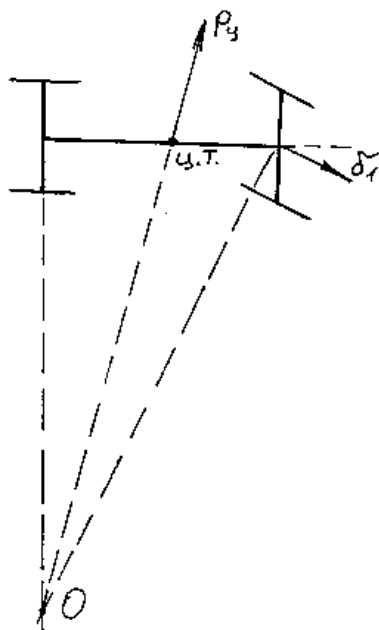


Схема действия центробежной силы.

Центробежную силу определяют по формуле

$$P_{ц} = \frac{m_a \cdot V^2}{R_{\rho}}, \text{ Н} \quad (4)$$

где V (м/с) – скорость движения автомобиля (принять V_0 из исходных данных).

Оборудование и материалы

1. Мощностной стенд;
2. Автомобиль заднеприводной компоновки (ВАЗ-2107);
3. Автомобиль переднеприводной компоновки (ВАЗ-2110);
4. Рулетка;
5. Весы для определения нагрузки на ось автомобиля.

Указания по технике безопасности

Изучить меры безопасности в «Лаборатории конструкции и устройства автомобилей».

Задание

1. По исходным данным определить поворачиваемость автомобиля, принимая коэффициенты сопротивления увода передних и задних шин одинаковыми и лежащими в пределах $k_{ув} = 20...40$ н/рад. Определить при какой развесовке и при каких значениях расстояний a и b автомобиль будет иметь недостаточную, избыточную и нейтральную поворачиваемость (начертить схему). Рассчитать при заданных a и b величину $k_{ув1}$ и $k_{ув2}$ при которых достигается нейтральная, недостаточная и избыточная поворачиваемость.
2. Начертить схему прямолинейного движения автомобиля с недостаточной и избыточной поворачиваемостью. Показать на ней возмущающую боковую силу $P_b = 1000$ Н, приложенную центру тяжести автомобиля и поперечные реакции R_y мостов. Принимая значения $k_{ув1}$ и $k_{ув2}$ из п.1 для недостаточной и избыточной поворачиваемости рассчитать радиус R_{ρ} и величину центробежной силы, указать ее направление. Изобразить на схеме положение центра поворота.

3. Сделать выводы об устойчивости движения автомобиля с недостаточной и избыточной поворачиваемостью.

Содержание отчета

Для выполнения лабораторной работы каждому студенту задают основные параметры абстрактного автомобиля:

- массу автомобиля (m_a);
 - колесную базу (L);
 - координаты центра тяжести (a, b, h_g);
 - начальную скорость движения (V_o)
- и другие.

Лабораторная работа содержит расчеты основных параметров движения автомобиля, содержанием которых является оценка основных конструктивных факторов и их влияния на эксплуатационные показатели автомобиля.

Отчет по лабораторной работе выполняют на листах формата А4 на одной стороне листа. По мере выполнения расчетов на отдельных листах миллиметровой бумаги строят графики.

Последовательность изложения материала в отчете:

1. Тема работы.
2. Задание.
3. Расчетная часть.
4. Рисунки и графики.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Что такое увод колеса, от каких факторов он зависит, как влияет на управляемость.
2. Влияние конструктивных особенностей автомобиля на управляемость.
3. Критерии оценки управляемости автомобиля.
4. Критическая скорость по управляемости, как определить, от чего зависит.
5. Как соотношение между φ и f влияют на управляемость автомобиля.
6. Как следует поворачивать управляемые колеса при недостаточной и избыточной поворачиваемости автомобиля.
7. Что такое креновая поворачиваемость.
8. Что такое маневренность автомобиля.
9. Влияние маневренности на потребительские свойства автомобиля.

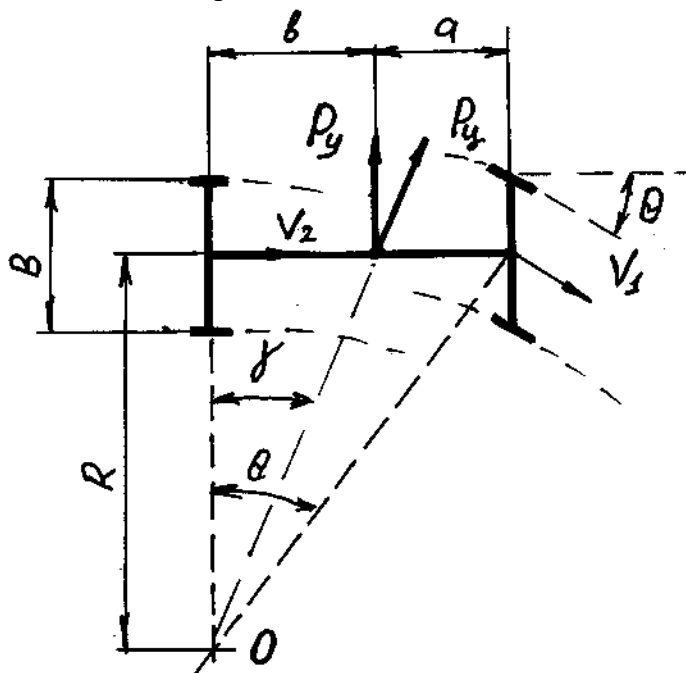
Занятие 16.

Тема: «Изучение устойчивости»

Цель работы: Изучить виды устойчивости движения автомобиля. Критическая скорость движения.

Теоретическая часть

Схема движения автомобиля на повороте



где $a + b = L$ – база автомобиля;

θ – угол поворота управляемых колес (буква «этта»);

γ – угол между точкой центра тяжести и осью заднего моста;

O – центр поворота;

R – радиус поворота;

B – колея автомобиля.

Критическая скорость $V_{\text{опр}}$ опрокидывания автомобиля может быть рассчитана по формуле

$$V_{\text{опр}} = \sqrt{\frac{B \cdot L \cdot g}{2h_g \cdot \theta}} \quad (2)$$

учитывая, что

$$\text{tg} \theta = \frac{L}{R} \quad (3)$$

для $V_{\text{опр}} = V_o$ (принимают из исходных данных) получим минимальный радиус

$$R = \frac{L}{\text{tg} \left(\frac{B \cdot L \cdot g}{2V_o^2 \cdot h_g} \right)} \quad (4)$$

поворота, который может пройти автомобиль по условиям опрокидывания с заданной скоростью.

Потеря устойчивости автомобиля при движении на повороте может произойти также по условиям скатывания.

Критическая скорость по условиям скатывания

$$V_{ск} = \sqrt{R \cdot g \cdot \varphi_{\psi}} \quad (м / с) \quad (5)$$

откуда

$$R = \frac{V_{ск}^2}{g \cdot \varphi_{\psi}} \quad (м / с) \quad (6)$$

Поперечную P_y силу действующую на автомобиль определяют как

$$D_{\dot{o}} = D_{\dot{o}} \cdot \cos \gamma = \frac{m \cdot V^2}{R} (i) \quad (7)$$

Центробежную P_{ψ} из выражения

$$P_{\psi} = \frac{m \cdot V^2}{R \cdot \cos \gamma} (н) \quad (8)$$

где $\gamma = \arctg \frac{b}{L}$

Оборудование и материалы

1. Мощностной стенд;
2. Автомобиль заднеприводной компоновки (ВАЗ-2107);
3. Автомобиль переднеприводной компоновки (ВАЗ-2110);
4. Рулетка;
5. Весы для определения нагрузки на ось автомобиля.

Указания по технике безопасности

Изучить меры безопасности в «Лаборатории конструкции и устройства автомобилей».

Задание

1. Рассчитать колею B автомобиля по формуле

$$B = 1 + \frac{h_g}{2} \quad (1)$$

где h_g – высота центра тяжести автомобиля (м) берется из исходных данных.

2. Построить в масштабе схему движения автомобиля при прохождении поворота. На схеме показать размеры a , b , L , B , считая, что центр тяжести расположен на оси автомобиля, углы γ , θ , силы P_{ψ} и P_y .
3. Определить минимальный радиус поворота по условиям опрокидывания и по условиям скатывания при $\varphi_x = \varphi_y = 0,75$ и $\varphi_x = \varphi_y = 0,4$.
4. Рассчитать величину центробежной силы P_{ψ} и величину суммарной поперечной реакции P_y .

Содержание отчета

Для выполнения лабораторной работы каждому студенту задают основные параметры абстрактного автомобиля:

- массу автомобиля (m_a);
- колесную базу (L);

- координаты центра тяжести (a, b, h_g);
 - начальную скорость движения (V_0)
- и другие.

Лабораторная работа содержит расчеты основных параметров движения автомобиля, содержанием которых является оценка основных конструктивных факторов и их влияния на эксплуатационные показатели автомобиля.

Отчет по лабораторной работе выполняют на листах формата А4 на одной стороне листа. По мере выполнения расчетов на отдельных листах миллиметровой бумаги строят графики.

Последовательность изложения материала в отчете:

1. Тема работы.
2. Задание.
3. Расчетная часть.
4. Рисунки и графики.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Возмущенное и невозмущенное движения.
2. Что такое асимптотически устойчивое движение.
3. Виды устойчивости движения.
4. Что такое критическая скорость.
5. Как влияет φ_y на условия опрокидывания и скольжения автомобиля.
6. Как определить критический угол бокового уклона.
7. Что такое коэффициент поперечной устойчивости.
8. Как, зная радиус поворота и коэффициент сцепления колес с дорогой, определить максимально возможную скорость движения на повороте.

Занятие 17.

Тема: «Проходимость».

Цель работы: Изучить группы автомобилей по проходимости, виды проходимостей автомобилей и их влияние на потребительские свойства.

Теоретическая часть

Радиус колеса для шин нормального профиля определяют по формуле

$$r_k = B \cdot 0,8 + \frac{d \cdot 25,4}{2}, \text{ мм} \quad (1)$$

где В – ширина профиля шины (мм);

d – посадочный диаметр обода (в дюймах).

В начале определяют радиус колеса так, чтобы он удовлетворял допустимой величине $\rho_{\text{пр}}$, затем подбирают углы свеса и определяют плечи свеса и габаритную длину автомобиля.

Оборудование и материалы

1. Мощностной стенд;
2. Автомобиль заднеприводной компоновки (ВАЗ-2107);
3. Автомобиль переднеприводной компоновки (ВАЗ-2110);
4. Рулетка;
5. Весы для определения нагрузки на ось автомобиля.

Указания по технике безопасности

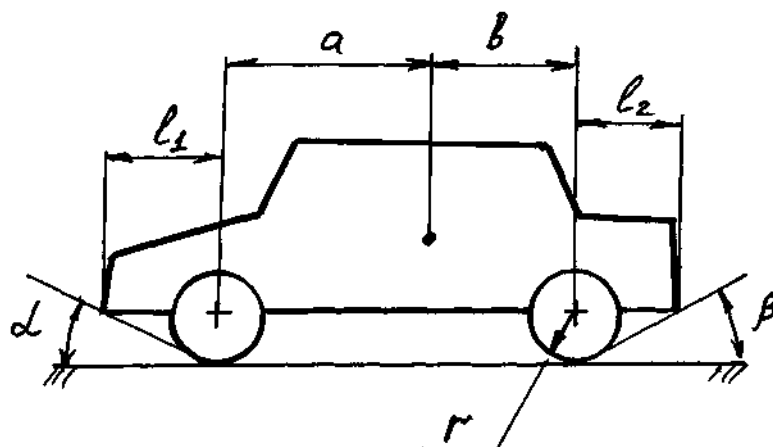
Изучить меры безопасности в «Лаборатории конструкции и устройства автомобилей».

Задание

1. Начертить в масштабе (1:10) схему автомобиля по исходным данным. На схеме нанести геометрические показатели проходимости:
 - дорожный просвет (h)
 - продольный радиус проходимости ($\rho_{\text{пр}}$);
 - передний λ и задний β углы свеса.
2. Заполнить таблицу допустимых величин показателей геометрической проходимости.

Автомобиль	Показатель			
	h, м	$\rho_{\text{пр}}$	λ	β
Легковой: 4 х 2 4 х 4				
Грузовой: 4 х 2 4 х 4 6 х 6				
Автобус				

3. В соответствии со схемой п.1 и таблицей п.2 подобрать диаметр колес и выбрать размер шин, удовлетворяющий требованиям таблицы п.2 (для легковых автомобилей 4 x 2 и 4 x 4).



Геометрические показатели проходимости.

4. На схему автомобиля нанести в масштабе колес, определить допустимые плечи свеса (l_1 и l_2) и длину автомобиля.

Содержание отчета

Для выполнения лабораторной работы каждому студенту задают основные параметры абстрактного автомобиля:

- массу автомобиля (m_a);
 - колесную базу (L);
 - координаты центра тяжести (a, b, h_g);
 - начальную скорость движения (V_0)
- и другие.

Лабораторная работа содержит расчеты основных параметров движения автомобиля, содержанием которых является оценка основных конструктивных факторов и их влияния на эксплуатационные показатели автомобиля.

Отчет по лабораторной работе выполняют на листах формата А4 на одной стороне листа. По мере выполнения расчетов на отдельных листах миллиметровой бумаги строят графики.

Последовательность изложения материала в отчете:

1. Тема работы.
2. Задание.
3. Расчетная часть.
4. Рисунки и графики.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Группы автомобилей по проходимости.
2. Виды проходимости автомобилей.
3. Какие конструктивные решения повышают проходимость автомобиля.
4. Что такое угол перекаса мостов, каким образом он влияет на проходимость автомобиля.
5. Маневренность автомобиля и ее показатели.

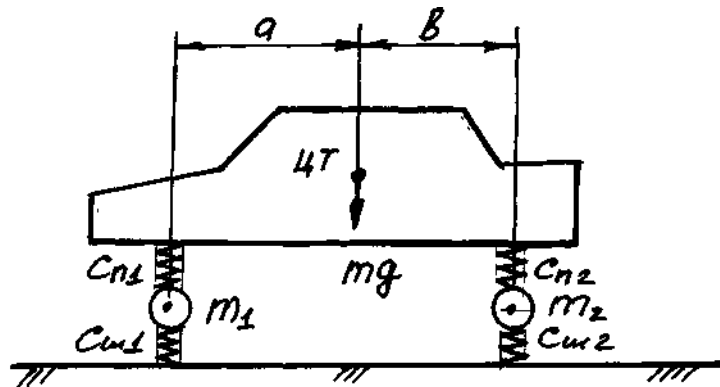
Тема 18.

Тема: «Изучение плавности хода»

Цель работы: Оценка плавности хода автомобиля. Колебания автомобиля.

Теоретическая часть.

1. Схема поддрессоренного автомобиля



2. Присоединенную жесткость подвески определяют по формуле

$$c_{np} = \frac{c_n \cdot c_{ш}}{c_n + c_{ш}} \left(\frac{MH}{m} \right), \quad (1)$$

где c_n – жесткость упругих элементов (пружины или рессоры);

$c_{ш}$ – жесткость шины.

Жесткость передней и задней подвесок связаны пропорцией

$$\frac{\tilde{n}_1}{\tilde{n}_2} = \frac{b}{a} \quad (2)$$

тогда

$$\tilde{n}_2 = \tilde{n}_1 \frac{a}{b} \left(\frac{\ddot{H}}{i} \right) \quad (3)$$

где a – расстояние от центра тяжести до оси переднего моста;

b – расстояние от центра тяжести до оси заднего моста.

3. Статический прогиб подвески определяют как

$$f_{ст} = \frac{G}{c_{np}} (м), \quad (4)$$

где G – часть веса автомобиля, приходящаяся на подвеску;

c_{np} – приведенная жесткость подвески.

4. Центром упругости системы, установленной на упругие опоры, называется точка, в которой приложение любых нагрузок обеспечивает только линейные перемещения системы, т.е. параллельное самой себе.

Положение центра упругости относительно центра тяжести можно определить как

$$x = \frac{c_2 f_2 b - c_1 f_1 a}{c_1 f_1 + c_2 f_2} (м), \quad (5)$$

где c_1 и c_2 – приведенные жесткости передней и задней подвесок;

f_1 и f_2 – статические прогибы подвесок.

5. Частоту собственных колебаний подвески определяют по формуле

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{f_{cm}}}, \quad (с^{-1}) \quad (6)$$

где g – ускорение свободного падения ($м/с^2$);

f_{cm} – статический прогиб подвески.

6. Максимальную массу подвески определяют из условия

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{f_{cm}}} = \sqrt{\frac{c_i}{m_i}} \quad (7)$$

или после преобразования

$$m_i = \frac{c_i \cdot f_{cm}}{g} \quad (8)$$

Результаты расчетов сводят в таблицу

Передняя подвеска	a	R_{z1}	$c_{пр1}$	$f_{ст1}$	$\omega_{с1}$	m_1	X
Задняя подвеска	b	R_{z2}	$c_{пр2}$	$f_{ст2}$	$\omega_{с2}$	m_2	

Оборудование и материалы

1. Мощностной стенд;
2. Автомобиль заднеприводной компоновки (ВАЗ-2107);
3. Автомобиль переднеприводной компоновки (ВАЗ-2110);
4. Рулетка;
5. Весы для определения нагрузки на ось автомобиля.

Указания по технике безопасности

Изучить меры безопасности в «Лаборатории конструкции и устройства автомобилей».

Задание

1. По исходным данным начертить в масштабе схему поддрессоренного автомобиля с нанесенным центром тяжести, указанием размеров и реакций мостов.
2. Приняв жесткость передней подвески $c_1 = 3...12$ МН/м и жесткость шины $c_{ш} = 25...50$ МН/м определить:
 - приведенную жесткость передней подвески;
 - приведенную жесткость задней подвески.
3. Определить статический прогиб упругих элементов передней и задней подвесок.
4. Определить положение центра упругости.

5. Определить частоту собственных колебаний передней и задней подвесок.
6. Определить массу передней m_1 и задней m_2 подвесок автомобиля.

Содержание отчета

Для выполнения лабораторной работы каждому студенту задают основные параметры абстрактного автомобиля:

- массу автомобиля (m_a);
 - колесную базу (L);
 - координаты центра тяжести (a, b, h_g);
 - начальную скорость движения (V_o)
- и другие.

Лабораторная работа содержит расчеты основных параметров движения автомобиля, содержанием которых является оценка основных конструктивных факторов и их влияния на эксплуатационные показатели автомобиля.

Отчет по лабораторной работе выполняют на листах формата А4 на одной стороне листа. По мере выполнения расчетов на отдельных листах миллиметровой бумаги строят графики.

Последовательность изложения материала в отчете:

1. Тема работы.
2. Задание.
3. Расчетная часть.
4. Рисунки и графики.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Чем измеряют плавность хода автомобиля.
2. Виды колебаний кузова автомобиля.
3. Как определить приведенную жесткость подвески.
4. Что такое центр упругости системы.
5. Как влияют шины на плавность хода автомобиля.
6. Как найти частоту собственных колебаний неподрессоренной массы.
7. Что такое поддрессоренные и неподрессоренные массы.
8. Что такое радиус инерции поддрессоренной массы.

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы

1. Вахламов В.К. Автомобили: Основы конструкции: Учебник/В.К. Вахламов. – 5-е изд. – М.: ИЦ «Академия», 2015. – 528 с.
2. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник/ В.К. Вахламов. – 4-е изд. – М.: ИЦ «Академия», 2016 – 240 с.

Перечень дополнительной литературы:

1. Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В., Клюкин П.Н., Осипов В.И., Попов А.И. Основы конструкции современного автомобиля. – М. ООО «Издательство «За рулем», 2015. – 339 с.: ил.
2. Вахламов, В. К. Автомобили. Конструкция и элементы расчета : учебник / В.К. Вахламов. - М. : Академия, 2015. - 480 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - На учебнике гриф: Доп.УМО. - Библиогр.: с. 476. - ISBN 5-7695-2638

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,
необходимых для освоения дисциплины**

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека on-line»
3. Электронно-библиотечная система Лань

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Варианты к лабораторным работам Группа ЭМК — X1

Вар. №	a , м	b , м	h_g , м	m_a , т	V_0 , км/час
1	0,8	1,9	0,95	0,80	50
2	0,9	2,0	0,90	0,85	60
3	1,0	1,9	0,85	0,9	70
4	1,1	1,8	0,80	1,0	80
5	1,2	1,7	0,75	1,1	90
6	1,3	1,6	0,70	1,2	100
7	1,4	0,8	0,65	1,3	110
8	1,5	0,9	0,60	1,4	120
9	1,6	1,0	0,30	1,5	50
10	1,7	1,1	0,35	1,6	60
11	1,8	1,2	0,40	1,7	70
12	1,9	1,3	0,45	1,8	80
13	2,0	1,4	0,50	1,9	90
14	1,9	1,5	0,55	2,0	100
15	1,8	1,6	0,60	2,1	110
16	1,7	1,7	0,65	2,2	120
17	1,6	1,8	0,70	2,3	50
18	1,5	1,9	0,75	2,4	60
19	1,4	2,0	0,80	2,5	70
20	1,3	0,8	0,85	2,6	80
21	1,2	0,9	0,9	2,7	90
22	1,1	1,0	0,95	2,8	100
23	1,0	1,1	1,0	2,9	110
24	0,9	1,2	1,05	3,0	120
25	0,8	1,3	1,10	3,1	50
26	0,9	1,4	1,15	3,2	60
27	1,0	1,5	1,20	3,3	70
28	1,1	1,6	1,25	3,4	80
29	1,2	1,7	1,30	3,5	90
30	1,3	1,8	1,35	3,6	100

$$\tau_c = 0,03 \text{ с}$$

$$\tau_H = 0,4 \text{ с}$$

Варианты к лабораторным работам Группа ЭМК — X2

Вар. №	a , м	b , м	h_g , м	m_a , т	V_0 , км/час
1	1,0	1,9	0,95	0,80	50
2	1,1	2,0	0,90	0,85	60
3	1,2	1,9	0,85	0,9	70
4	1,3	1,8	0,80	1,0	80
5	0,8	1,7	0,75	1,1	90
6	0,9	1,6	0,70	1,2	100
7	1,0	0,8	0,65	1,3	110
8	1,1	0,9	0,60	1,4	120
9	1,2	1,0	0,30	1,5	50
10	1,3	1,1	0,35	1,6	60
11	1,4	1,2	0,40	1,7	70
12	1,5	1,3	0,45	1,8	80
13	1,6	1,4	0,50	1,9	90
14	1,7	1,5	0,55	2,0	100
15	1,8	1,6	0,60	2,1	110
16	1,9	1,7	0,65	2,2	120
17	2,0	1,8	0,70	2,3	50
18	1,9	1,9	0,75	2,4	60
19	1,8	2,0	0,80	2,5	70
20	1,7	0,8	0,85	2,6	80
21	1,6	0,9	0,9	2,7	90
22	1,5	1,0	0,95	2,8	100
23	1,4	1,1	1,0	2,9	110
24	1,3	1,2	1,05	3,0	120
25	1,2	1,3	1,10	3,1	50
26	1,1	1,4	1,15	3,2	60
27	1,0	1,5	1,20	3,3	70
28	0,9	1,6	1,25	3,4	80
29	0,8	1,7	1,30	3,5	90
30	0,9	1,8	1,35	3,6	100

$$\tau_c = 0,05 \text{ с}$$

$$\tau_H = 0,5 \text{ с}$$

Варианты к лабораторным работам
Группа ЭМК — ХЗ

Вар. №	a , м	b , м	h_g , м	m_a , т	V_0 , км/час
1	0,8	0,8	0,95	0,80	50
2	0,9	0,9	0,90	0,85	60
3	1,0	1,0	0,85	0,9	70
4	1,1	1,1	0,80	1,0	80
5	1,2	1,2	0,75	1,1	90
6	1,3	1,3	0,70	1,2	100
7	1,4	1,4	0,65	1,3	110
8	1,5	1,5	0,60	1,4	120
9	1,6	1,6	0,30	1,5	50
10	1,7	1,7	0,35	1,6	60
11	1,8	1,8	0,40	1,7	70
12	1,9	1,9	0,45	1,8	80
13	2,0	2,0	0,50	1,9	90
14	1,9	0,8	0,55	2,0	100
15	1,8	0,9	0,60	2,1	110
16	1,7	1,0	0,65	2,2	120
17	1,6	1,1	0,70	2,3	50
18	1,5	1,2	0,75	2,4	60
19	1,4	1,3	0,80	2,5	70
20	1,3	1,4	0,85	2,6	80
21	1,2	1,5	0,9	2,7	90
22	1,1	1,6	0,95	2,8	100
23	1,0	1,7	1,0	2,9	110
24	0,9	1,8	1,05	3,0	120
25	0,8	1,9	1,10	3,1	50
26	0,9	2,0	1,15	3,2	60
27	1,0	1,5	1,20	3,3	70
28	1,1	1,8	1,25	3,4	80
29	1,2	1,7	1,30	3,5	90
30	1,3	1,6	1,35	3,6	100

$$\tau_c = 0,05 \text{ с}$$

$$\tau_n = 0,3 \text{ с}$$