

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

АВТОМОБИЛИ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов специальностей*

1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей

(по направлениям)» и 1-37 01 07 «Автосервис»

дневной и заочной форм обучения



УДК 62.529
ББК 39.3:39.33-4
А 22

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей»
«16» мая 2019 г., протокол № 13

Составители: д-р техн. наук, проф. И. С. Сазонов;
д-р техн. наук, проф. В. А. Ким;
ст. преподаватель Е. А. Моисеев

Рецензент Ю. С. Романович

Даны методические рекомендации к курсовому проектированию
по дисциплине «Автомобили» для студентов специальностей
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)»
и 1-37 01 07 «Автосервис» дневной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

АВТОМОБИЛИ

Ответственный за выпуск	О. В. Билык
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд.л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2019



Содержание

Введение.....	4
1 Определение назначения, оценка условий и режимов работы проектируемого автомобиля.....	6
2 Выбор автомобиля-прототипа и анализ его технической характеристики и значений показателей эксплуатационных свойств.....	11
3 Проектировочный тяговый расчет автомобиля.....	12
4 Обзор и анализ конструкций агрегатов, узлов, механизмов или систем автомобиля, подлежащих разработке (модернизации).....	22
5 Патентный поиск.....	22
6 Функциональный и прочностной расчеты.....	24
7 Техническая характеристика автомобиля.....	31
8 Требования к заключению.....	31
Список литературы.....	32
Приложение А. Бланк задания к курсовой работе.....	33



Введение

В соответствии с учебными планами специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис» студенты изучают дисциплину «Автомобили».

Целью изучения дисциплины является получение студентами теоретических и практических знаний по конструкции, теории и основам расчета автотранспортных средств (АТС).

Задачи дисциплины – изучение рабочих процессов и конструктивного исполнения узлов, механизмов и систем АТС, основ теории эксплуатационных свойств автомобиля, методов проектировочного и проверочного расчетов деталей.

В результате освоения дисциплины «Автомобили» студенты:

– познают принципы работы и устройство автомобилей различного типа их агрегатов, узлов, механизмов и систем; область применения, специфику работы, преимущества и недостатки автомобилей различных типов и их элементов; основы теории автомобилей, кинематику и динамику основных агрегатов и автомобиля в целом; технико-эксплуатационные свойства, характеристики надежности и технические характеристики автомобилей и их элементов;

– научатся использовать методы оптимального выбора моделей автомобилей для конкретных условий эксплуатации; обеспечить эффективную эксплуатацию автомобилей в соответствии с их назначением и техническими характеристиками; использовать рациональные режимы эксплуатации автотранспортных средств.

Курсовое проектирование имеет своей целью:

– расширение и закрепление теоретических и практических знаний по проектированию автомобилей, их агрегатов, узлов, механизмов и систем; применение этих знаний к решению конкретных научных и производственных задач;

– развитие навыков самостоятельной работы;

– приобретение знаний и развитие навыков, способствующих эффективной эксплуатации автомобилей в соответствии с их назначением и техническими характеристиками.

Задачи курсового проектирования:

– определение назначения, оценка условий и режимов работы проектируемого автомобиля;

– выбор автомобиля-прототипа и анализ его технической характеристики и значений показателей эксплуатационных свойств;

– выполнение проектировочного тягового расчета автомобиля;

– выполнение проверочного тягового расчета автомобиля;

– выполнение топливно-экономического расчета автомобиля;

– анализ конструкции агрегата, узла, механизма или системы автомобиля, подлежащих разработке (модернизации);

– выполнение патентного поиска;

– выполнение функционального и прочностного расчетов разрабатываемого (модернизируемого) агрегата, узла, механизма или системы автомобиля;

– составление технической характеристики спроектированного автомобиля.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки (объем 30...40 с.) и графической части (3 листа формата А1), выполняемых в соответствии с действующими техническими нормативно-правовыми актами [1].

Образец бланка задания представлен в приложении А.

В задании приводятся основные исходные данные. Недостающие данные следует взять из справочной литературы.

1 Определение назначения, оценка условий и режимов работы проектируемого автомобиля

По назначению автомобили подразделяются на пассажирские, грузовые и специальные.

Пассажирские автомобили предназначены для перевозки пассажиров, грузовые – грузов. Специальные автомобили не выполняют транспортную работу, т. е. не перевозят пассажиров или грузы. Они перевозят только специальное оборудование, установленное на них. К специальным автомобилям относятся пожарные, уборочные автомобили, автомастерские, автолавки, автокраны, автовышки и т. п.

Пассажирские автомобили вместимостью до 8 человек, не считая водителя, относятся к легковым, свыше 8 человек – к автобусам.

Грузовые автомобили могут быть общего назначения или специализированными. Грузовые автомобили общего назначения имеют неопрокидывающийся бортовой кузов, который может быть оборудован дугами и тентом. Специализированные грузовые автомобили предназначены для перевозки определённого вида груза. Например, панелевоз – для перевозки плит и панелей, самосвал – для перевозки сыпучих грузов, бензовоз – для перевозки светлых нефтепродуктов и т. п. Специализированные грузовые автомобили оборудуются специальными кузовами и оборудованием для перевозки того вида груза, для которого они предназначены.

Автомобили могут эксплуатироваться с прицепом, полуприцепом или прицепом-ропуском.

Прицеп – это буксируемое транспортное средство без водителя, в котором лишь незначительная часть его полной массы передается на буксирующий автомобиль.

Полуприцеп – это буксируемое транспортное средство без водителя, значительная часть полной массы которого передается на буксирующий автомобиль.

Прицеп-ропуск – это прицеп, предназначенный для перевозки длинномерных грузов, часто имеющий дышло изменяющейся длины.

Автомобиль, буксирующий прицеп, полуприцеп или прицеп-ропуск, называется тягачом.

Тягач, предназначенный для буксировки полуприцепа, оборудуется опорно- сцепным устройством (другое название – седельно-сцепное устройство или просто седло) и называется седельным тягачом.

Состав транспортных средств, состоящий из тягача и буксируемого им одного, двух или нескольких прицепов (полуприцепов, прицепов-ропусков), называется автопоездом (автомобильным поездом).

Классификация – это разделение автомобилей на группы, классы или категории в зависимости от конструкции, назначения или технических особенностей.

Цифровой индекс автомобиля (прицепа, полуприцепа) следует начинать расшифровывать со второй цифры.

Вторая цифра указывает на тип (вид) автомобиля:

- 1 – легковой автомобиль;
- 2 – автобус;
- 3 – грузовой автомобиль (общего назначения);
- 4 – седельный тягач;
- 5 – самосвал;
- 6 – цистерна;
- 7 – фургон;
- 8 – резерв;
- 9 – специальный автомобиль.

Для прицепов и полуприцепов вторая цифра является показателем типа прицепа (полуприцепа), как правило, соответствующего типу тягача:

- 1 – прицеп (полуприцеп) для легкового автомобиля;
- 2 – прицеп (полуприцеп) для автобуса;
- 3 – прицеп (полуприцеп) грузовой (общего назначения);
- 4 – не применяется;
- 5 – прицеп (полуприцеп) самосвал;
- 6 – прицеп (полуприцеп) цистерна;
- 7 – прицеп (полуприцеп) фургон;
- 8 – резерв;
- 9 – специальный прицеп (полуприцеп).

Первая цифра обозначает класс автомобиля.

Легковые автомобили классифицируют по рабочему объему двигателя, грузовые – по полной массе, автобусы – по габаритной длине.

В соответствии с отраслевой нормалью ОН 025270-66 легковые автомобили подразделяются на пять классов в зависимости от рабочего объема двигателя.

В соответствии с отраслевой нормалью ОН 025270-66 грузовые автомобили подразделяются на семь классов в зависимости от их полной массы. Полной массой (разрешенной максимальной массой) автомобиля называется масса транспортного средства с грузом, водителем и пассажирами, установленная предприятием-изготовителем в качестве максимально допустимой.

В соответствии с отраслевой нормалью ОН 025270-66 автобусы подразделяются на пять классов в зависимости от их габаритной длины.

В настоящее время отраслевая норма ОН 025270-66 не носит обязательного характера, однако автозаводы Республики Беларусь в основном продолжают придерживаться её при цифровой индексации моделей вновь выпускаемых автомобилей.

Индексация иностранных автомобилей не соответствует отраслевой нормали ОН 025270-66.

Для целей сертификации автотехники в Республике Беларусь используется международная классификация, основанная на рекомендациях

Европейской экономической комиссии Организации объединённых наций (ЕЭК ООН).

В соответствии с классификацией, основанной на рекомендациях ЕЭК ООН, все автомобили, мотоциклы и прицепы предлагается разделить на следующие основные группы: L, M, N, O.

Категория L – механические транспортные средства, имеющие менее четырех колес, и квадроциклы.

Категория L1. Двухколесный мопед. Двухколесное транспортное средство, максимальная конструктивная скорость которого не превышает 50 км/ч, характеризующееся:

– при наличии двигателя внутреннего сгорания – рабочим объемом двигателя, не превышающим 50 см³;

– при наличии электродвигателя – номинальной максимальной мощностью в режиме длительной нагрузки, не превышающей 4 кВт.

Категория L2. Трехколесный мопед. Трехколесное транспортное средство с любым расположением колес, максимальная конструктивная скорость которого не превышает 50 км/ч, характеризующееся:

– при наличии двигателя внутреннего сгорания с принудительным зажиганием – рабочим объемом двигателя, не превышающим 50 см³;

– при наличии двигателя внутреннего сгорания другого типа – максимальной эффективной мощностью, не превышающей 4 кВт;

– при наличии электродвигателя – номинальной максимальной мощностью в режиме длительной нагрузки, не превышающей 4 кВт.

Категория L3. Мотоцикл. Двухколесное транспортное средство, рабочий объем двигателя которого (при наличии двигателя внутреннего сгорания) превышает 50 см³ и (или) максимальная конструктивная скорость (независимо от типа двигателя) превышает 50 км/ч.

Категория L4. Мотоцикл с коляской (боковым прицепом). Трехколесное транспортное средство с колесами, асимметричными по отношению средней продольной плоскости, рабочий объем двигателя которого (при наличии двигателя внутреннего сгорания) превышает 50 см³ и (или) максимальная конструктивная скорость (при любом двигателе) превышает 50 км/ч.

Категория L5. Трицикл. Трехколесное транспортное средство с колесами, симметричными по отношению к средней продольной плоскости транспортного средства, рабочий объем двигателя которого (при наличии двигателя внутреннего сгорания) превышает 50 см³ и (или) максимальная конструктивная скорость (при любом двигателе) превышает 50 км/ч.

Категория L6. Легкий квадроцикл. Четырехколесное транспортное средство, ненагруженная масса которого не превышает 350 кг без учета массы аккумуляторов (в случае электрического транспортного средства),

максимальная конструктивная скорость не превышает 50 км/ч, характеризующееся:

- при наличии двигателя внутреннего сгорания с принудительным зажиганием – рабочим объемом двигателя, не превышающим 50 см³;
- при наличии двигателя внутреннего сгорания другого типа – максимальной эффективной мощностью двигателя, не превышающей 4 кВт;
- при наличии электродвигателя – номинальной максимальной мощностью двигателя в режиме длительной нагрузки, не превышающей 4 кВт.

Категория L₇. Квадроцикл. Четырехколесное транспортное средство (отличается от транспортного средства категории L₆), ненагруженная масса которого не превышает 400 кг (550 кг для транспортного средства, предназначенного для перевозки грузов) без учета массы аккумуляторов (в случае электрического транспортного средства) и максимальная эффективная мощность двигателя не превышает 15 кВт.

Категория М. Механические транспортные средства, имеющие не менее четырех колес и используемые для перевозки пассажиров.

Категория М₁. Транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров и имеющие, помимо места водителя, не более восьми мест для сидения

Категория М₂. Транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров, имеющие, помимо места водителя, более восьми мест для сидения, максимальная масса которых не превышает 5 т.

Категория М₃. Транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров, имеющие, помимо места водителя, более восьми мест для сидения, максимальная масса которых превышает 5 т.

Категория N. Механические транспортные средства, имеющие не менее четырех колес и предназначенные для перевозки грузов.

Категория N₁. Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу (полную массу) не более 3,5 т.

Категория N₂. Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу (полную массу) свыше 3,5 т, но не более 12 т.

Категория N₃. Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу (полную массу) более 12 т.

Категория O. Прицепы (включая полуприцепы).

Категория O₁. Прицепы, максимальная масса которых не более 0,75 т.

Категория O₂. Прицепы, максимальная масса которых свыше 0,75 т, но не более 3,5 т.

Категория O₃. Прицепы, максимальная масса которых свыше 3,5 т, но не более 10 т.

Категория O₄. Прицепы, максимальная масса которых более 10 т.

Транспортные средства специального назначения. Согласно ГОСТ Р 52051–2003 транспортные средства категорий М, N и O могут быть отнесены к транспортным средствам специального назначения, которые предназначены для пассажирских и грузовых перевозок,

связанных с выполнением специальных функций, для которых требуется наличие специального кузова и (или) специального оборудования. Обозначение категории транспортного средства специального назначения должно дополняться символом «С». Например, транспортное средство медицинской помощи категории М₂ должно иметь обозначение «М₂С».

Категория G. Транспортные средства повышенной проходимости. К транспортным средствам повышенной проходимости относят транспортные средства категорий М и N, удовлетворяющие определенным в ГОСТ Р 52051–2003 требованиям, к которым относятся, например, требования к приводам колёс, дорожному просвету (клиренсу), максимальному преодолеваемому подъёму, углам въезда и съезда, наличию механизмов блокировки дифференциалов и некоторые другие.

При обозначении категории транспортного средства буквы М и N могут сочетаться с буквой G. Например, транспортное средство категории N₁, которое отвечает требованиям к транспортным средствам повышенной проходимости, может обозначаться как N₁G.

Технические характеристики автомобиля включают в себя:

- компоновочную схему, определяющую относительное расположение основных компонентов: двигателя, ведущих колес, пассажирского салона и багажника или кабины и платформы для груза;
- параметры конструкции, такие как сухая масса автомобиля, база, рабочий объем двигателя, передаточное число главной передачи и т. д.;
- характеристики агрегатов и систем автомобиля, представляющие их выходные показатели в виде зависимостей между переменными величинами (скоростная и нагрузочная характеристики двигателя, характеристики гидротрансформатора и т. д.).

Систематизированные значения параметров автомобилей, которые необходимы народному хозяйству, населению и которые должна выпускать промышленность, сгруппированные по основным признакам, называются типажом автомобилей. В связи с непрерывным совершенствованием конструкции автомобилей и методов эксплуатации типаж пересматривается каждые 5...10 лет.

Автомобиль как транспортное средство имеет следующие свойства: динамичность; топливную экономичность; курсовую устойчивость; управляемость; проходимость; маневренность; плавность хода; легкость управления; надежность; технологичность обслуживания и т. д.

Перечисленные свойства оценивают одним или несколькими показателями, например, динамичность легкового автомобиля – тремя показателями: временем разгона автомобиля с места до 100 км/ч, максимальной скоростью и показателем приспособляемости двигателя.

Степень пригодности автомобиля для перевозки грузов или пассажиров в конкретных условиях эксплуатации (транспортных, дорожных и климатических) является мерой качества автомобиля.



Поэтому свойства конкретного автомобиля в определенных условиях эксплуатации называются эксплуатационными качествами, а показатели свойств – показателями эксплуатационных качеств.

Определяющие факторы транспортных условий эксплуатации: годовой пробег, условия хранения (безгаражное, гаражное, в отапливаемом гараже), квалификация водителей и обслуживающего персонала и т. д.; для грузовых автомобилей, кроме того, это вид перевозимого груза, размеры упаковки, партионность (количество груза, перевозимое на одном автомобиле) и т. д.

Факторы дорожных условий: прочность дорожного покрытия, мостов и других сооружений, ровность дорожного покрытия, продольный профиль дороги, предельные величины уклонов, интенсивность движения и т. д.

Факторы, характеризующие климатические условия: средняя, минимальная и максимальная температура воздуха в наиболее холодные и жаркие месяцы года, продолжительность зимнего периода и сохранения снежного покрова, влажность воздуха в летний период.

На практике возможны самые различные сочетания факторов, определяющих условия эксплуатации, поэтому автомобили проектируют для наиболее распространенных сочетаний этих факторов.

2 Выбор автомобиля-прототипа и анализ его технической характеристики и значений показателей эксплуатационных свойств

В разделе в соответствии с заданием к курсовому проектированию производят поиск серийно выпускаемого автомобиля, имеющего аналогичные или близкие к проектируемому автомобилю значения показателей эксплуатационных свойств.

В пояснительной записке представляются общая схема и фотографии автомобиля-прототипа (при наличии технической возможности), описываются основные технические характеристики автомобиля: грузоподъемность, собственная масса, масса буксируемого прицепа или полуприцепа (для седельных тягачей), максимальная скорость, скоростные и тормозные характеристики, габаритные размеры, внутренние размеры и вместимость грузовой платформы, погрузочная высота, дорожные просветы, база, колея, радиусы поворота, тип и размер шин, мощность и крутящий момент двигателя. Дополнительно можно указать и ряд других значений технических показателей.

В этом же разделе приводят сведения о соответствии автомобиля-прототипа требованиям, установленным действующими в Республике Беларусь техническими нормативно-правовыми актами.



Кроме того, в обязательном порядке дается краткий анализ показателей эксплуатационных свойств автомобиля-прототипа, указываются пути совершенствования его конструкции.

3 Проектировочный тяговый расчет автомобиля

3.1 Расчет внешней скоростной характеристики

Зависимость текущих значений эффективной мощности N_e , кВт, от угловой скорости вращения коленчатого вала устанавливается формулой

$$N_e = N_{\max} \left[a \frac{\omega_e}{\omega_N} + b \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - c \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right], \quad (3.1)$$

где N_{\max} – максимальная эффективная мощность двигателя, кВт;

ω_N – значение угловой скорости вращения коленчатого вала, рад/с;

a, b, c – коэффициенты, зависящие от типа и конструкции двигателя.

Для бензиновых ДВС $a = b = c = 1,0$; для четырехтактных дизелей $a = 0,53$; $b = 1,56$; $c = 1,09$.

При расчете значения ω_e принимаются от минимальной устойчивой скорости $\omega_{\min} = 0,2\omega_N$ до максимальной ω_{\max} (5...6 точек). Для бензиновых ДВС $\omega_{\max} = (1,15...1,25) \omega_N$, для дизелей $\omega_{\max} = \omega_N$.

Для расчета текущих значений крутящего момента M_e , кН·м, используется формула

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}. \quad (3.2)$$

Принятые значения ω_e и рассчитанные N_e и M_e сводятся в таблицу 3.1. По этим значениям строится внешняя скоростная характеристика двигателя.

3.2 Расчет передаточных чисел трансмиссии

3.2.1 Передаточное число главной передачи. Оно определяется по формуле

$$u_0 = \frac{\omega_{ev} \cdot r_k}{u_{КПв} \cdot v_{\max}}, \quad (3.3)$$

где ω_{ev} – угловая скорость коленчатого вала двигателя при максимальной скорости, рад/с. Принимаем $\omega_{ev} = \omega_{\max}$;

$u_{КПв}$ – передаточное число высшей ступени коробки передач;

r_k – радиус качения колеса, м; $r_k = \lambda r_H$;

λ – коэффициент деформации шины. Для шин низкого давления 0,930...0,935; для шин высокого давления 0,945...0,950;



r_n – номинальный радиус колеса, м; $r_n = (0,5d + h) \cdot 10^{-3}$. Значения диаметра обода d и высоты профиля h принимаются по маркировке шины, переведенной в миллиметры;

v_{\max} – максимальная скорость автомобиля, м/с. Определяется из условия баланса мощности при движении на высшей передаче на дороге с коэффициентом дорожного сопротивления ψ_v (задается в задании).

Таблица 3.1 – Результаты расчета внешней скоростной характеристики двигателя, скоростной, тяговой и динамической характеристик и графиков ускорений автомобиля

Параметр	Размерность	Значение параметра					
		$0,2\omega_N$	$0,4\omega_N$	$0,6\omega_N$	$0,8\omega_N$	ω_N	$1,2\omega_N$
ω_e	рад/с						
N_e	кВт						
M_e	кН·м						
Первая передача $u_1 = \delta_1 =$	v_1	м/с					
	P_{T1}	кН					
	P_{B1}	кН					
	P_{C1}	кН					
	D_1	–					
	j_1	м/с ²					
	$1/j_1$	с ² /м					
<i>Примечание</i> – и т. д. по числу передач							

Условие баланса мощности при v_{\max} записывается в виде

$$10^3 N_{ev} \cdot \eta = N_D + N_B = M \cdot g \cdot \psi_v \cdot v_{\max} + k_v \cdot F \cdot v_{\max}^3, \quad (3.4)$$

Где N_{ev} – эффективная мощность двигателя при максимальной скорости, кВт. В расчет принимается значение из таблицы 3.1 при ω_{\max} ;

η – КПД трансмиссии. Для автомобилей с колесной формулой 4×2 $\eta = 0,85...0,92$; с колесной формулой 4×4 $\eta = 0,82...0,87$; с колесной формулой 6×4 $\eta = 0,80...0,85$; с колесной формулой 6×6 $\eta = 0,78...0,82$;

M – полная масса автомобиля, кг;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

k_v – коэффициент сопротивления воздуха, имеющий значения: для легковых автомобилей $0,15...0,35 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$; для грузовых автомобилей $0,50...0,70 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$; для автобусов $(0,25...0,4) \text{ Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$;

F – площадь лобового сопротивления автомобиля, м². Приближенно можно определить как произведение колеи передних колес B на высоту автомобиля H : $F = B \cdot H$.

Решение уравнения баланса мощности и определение максимальной скорости может быть выполнено путем решения кубического уравнения вида

$$v_{\max}^3 + p v_{\max} + q = 0 \text{ по формуле Кардано}$$



$$v_{\max} = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}}, \quad (3.5)$$

где

$$p = \frac{M \cdot g \cdot \psi_v}{k_B \cdot F};$$

$$q = -\frac{Nev \cdot \eta}{k_B \cdot F} \cdot 10^{-3}.$$

Рассчитанные значения u_0 и передаточные числа коробки передач округляются до второго знака после запятой.

3.2.2 Передаточные числа коробки передач. Передаточное число первой передачи, необходимое по условию преодоления максимального сопротивления дороги с заданным в задании ψ_{\max} , определяется по формуле

$$u_1 = \frac{M \cdot g \cdot \psi_{\max} \cdot r_k}{M_{\max} \cdot u_0 \cdot \eta \cdot 10^3}. \quad (3.6)$$

Значение M_{\max} принимается по таблице 3.1 или внешней скоростной характеристике двигателя.

Возможность реализации окружной силы на колесах автомобиля при передаточном числе u_1 , определенном по выражению (3.6), проверяется по условию отсутствия буксования ведущих колес, передаточное число из которых определяется по формуле

$$u_{1\phi} = \frac{G_\phi \cdot \phi_{\max} \cdot r_k \cdot m_i}{M_{\max} \cdot u_0 \cdot \eta \cdot 10^3}, \quad (3.7)$$

где ϕ_{\max} – максимальный коэффициент сцепления колес с дорогой;

G_ϕ – сцепной вес автомобиля. Для полноприводных автомобилей $G_\phi = M \cdot g$; для заднеприводных $G_\phi = M_2 \cdot g$; для переднеприводных $G_\phi = M_1 \cdot g$;

M_1 – масса, приходящаяся на переднюю ось автомобиля;

M_2 – масса, приходящаяся на заднюю ось автомобиля;

m_i – коэффициент перераспределения реакций, принимаемый для передней оси $m_i = 0,7 \dots 0,8$; для задней оси $m_i = 1,2 \dots 1,3$.

Если u_1 по формуле (3.6) получится больше, чем рассчитанное по формуле (3.7), следует принять значение u_1 , найденное по формуле (3.7).

Передаточное число первой передачи должно удовлетворять условию обеспечения минимально устойчивой скорости движения, принимаемой $v_{\min} = 1,0 \dots 1,4$ м/с:



$$u_{1v} = \frac{\omega_{\min} \cdot r_k}{u_0 \cdot v_{\min}}, \quad (3.8)$$

где ω_{\min} – минимальная устойчивая угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя, рад/с, принимаемая в расчете $\omega_{\min} = 0,2 \cdot \omega_N$.

Если передаточное число, определенное по формуле (3.8), больше найденного по формуле (3.6) или (3.7), оно принимается в качестве расчетного для первой передачи.

В основу выбора передаточных чисел промежуточных передач коробки передач положено условие постоянства средней мощности в процессе разгона автомобиля на всех передачах в одном и том же интервале угловой скорости коленчатого вала двигателя. Передаточное число i -й передачи для n -ступенчатой коробки передач с высшей прямой передачей в этом случае определяется по формуле

$$u_i = \sqrt[n-1]{u_1^{n-1}}. \quad (3.9)$$

3.3 Расчет кинематической скорости автомобиля по передачам

Кинематическая скорость автомобиля в функции угловой скорости коленчатого вала двигателя определяется по формуле

$$v_i = \frac{\omega_e \cdot r_k}{u_0 \cdot u_i}. \quad (3.10)$$

Значения скоростей записываются в соответствующие графы таблицы 3.1 и по ним строится график $v(\omega)$.

3.4 Тяговая характеристика автомобиля

Касательная сила тяги P_T , кН, на ведущих колесах автомобиля определяется по формуле

$$P_T = \frac{M_e \cdot u_i \cdot u_0 \cdot \eta}{r_k}. \quad (3.11)$$

Силу сопротивления воздуха P_B , кН, можно найти по формуле

$$P_B = k_B \cdot F \cdot v^2 \cdot 10^{-3}. \quad (3.12)$$

Свободную силу тяги P_C , кН, вычисляют по формуле

$$P_C = P_T - P_B. \quad (3.13)$$



Подсчитанные значения P_T , P_B и P_C заносятся в соответствующие графы таблицы 3.1 и строится график зависимостей P_T , P_B и $P_C(v)$, называемый тяговой характеристикой автомобиля.

При построении графика масштаб скорости принимается общим для всех кривых. Значения скоростей для каждой передачи при расчетных значениях угловой скорости коленчатого вала двигателя берутся из таблицы 3.1. Силу сопротивления воздуха P_B следует откладывать от кривой вниз.

3.5 Динамическая характеристика автомобиля

Динамический фактор автомобиля определяется по выражению

$$j_i = \frac{dv}{dt} = \frac{D - \psi_v}{\delta_i} \cdot g, \quad (3.14)$$

Рассчитанные значения динамического фактора для каждой передачи при расчетных значениях угловой скорости коленчатого вала двигателя заносятся в соответствующие графы таблицы 3.1, и по ним строится динамическая характеристика автомобиля. Следует иметь в виду, что при принятой методике расчета значение динамического фактора при максимальной скорости автомобиля v_{\max} должно быть $D = \psi_v$.

3.6 Характеристики динамики разгона автомобиля

3.6.1 Ускорение автомобиля. Ускорение автомобиля определяется из основного уравнения динамической характеристики по формуле

$$D = \frac{P_C \cdot 10^3}{M \cdot g}, \quad (3.15)$$

где D – динамический фактор;

ψ_v – коэффициент дорожного сопротивления при предельных условиях движения (берется из задания);

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

δ_i – коэффициент учета вращения масс для i -й передачи,

$$\delta_i = 1 + \sigma_1 + \sigma_2 \cdot u_i^2; \quad (3.16)$$

u_i – передаточное число коробки передач на рассчитываемой передаче.

Для одиночных автомобилей при нормальной нагрузке можно считать $\sigma_1 = 0,03 \dots 0,05$; $\sigma_2 = 0,04 \dots 0,06$. Большие значения принимаются для более тяжелых автомобилей.



Рассчитанные значения коэффициентов учета вращающихся масс δ_i и ускорения j_i вносятся в соответствующие графы таблицы 3.1, и по ним строится график ускорений автомобиля.

3.6.2 *Время разгона автомобиля.* Ускорение $j = \frac{dv}{dt}$, откуда $dt = \frac{dv}{j}$

Интегрируя, получаем

$$T = \int_{v_{i-1}}^{v_i} \frac{dv}{j} = \frac{1}{j} \int_{v_{i-1}}^{v_i} dv. \quad (3.17)$$

Вычисление времени разгона по выражению (3.17) осуществляется с использованием графика обратных ускорений, для построения которого по данным ускорений j_i в таблице 3.1 вычислить обратные ускорения $1/j_i$. Вычисления производить до скорости, равной $0,9 \cdot v_{\max}$. Соответствующие этой скорости значения ускорения определяются по формуле (3.15). Данные вычисления $1/j_i$ сводятся в таблицу 3.1, и по ним строится график обратных ускорений.

Площадь на графике обратных ускорений, ограниченная сверху кривыми $1/j_i$, осью скоростей снизу и прямыми $v = v_0$ слева и $v = 0,9 \cdot v_{\max}$ справа, согласно выражению (3.17), представляет собой время разгона автомобиля скорости v до $0,9 \cdot v_{\max}$. Для его определения весь диапазон скорости разбивается на несколько интервалов. Разбивку целесообразно производить по точкам, в которых осуществляется переключение передач. Диапазон скорости на первой передаче обычно разбивается на два интервала.

Считая, что в каждом интервале скорости разгон автомобиля происходит с обратным ускорением, определенным по формуле

$$\frac{1}{j_{cpi}} = 0,5 \cdot \left(\frac{1}{j_{i-1}} + \frac{1}{j} \right), \quad (3.18)$$

время разгона автомобиля от скорости v_{i-1} до v_i рассчитывается по выражению

$$t_i = \frac{1}{j_{cpi}} (v_i - v_{i-1}). \quad (3.19)$$

При этом значения обратных ускорений и скоростей, входящие в формулы (3.18) и (3.19), берутся из таблицы 3.1 или по графику обратных ускорений.

Полное время разгона автомобиля от скорости v_0 до $0,9 \cdot v_{\max}$ определяется по выражению



$$T = \sum_{i=1}^n t_i = t_1 + t_2 + \dots + t_n. \quad (3.20)$$

Результаты расчета времени разгона сводятся в таблицу 3.2 и иллюстрируются графиком времени разгона.

Таблица 3.2 – Результаты расчета времени и пути разгона автомобиля

Номер интервала разгона	1	2	...	n
Скорость в начале интервала v_{i-1} , м/с	v_0	v_1	...	v_{n-1}
Скорость в конце интервала v_i , м/с	v_1	v_2	...	v_n
Обратное ускорение в начале интервала $1/j_{i-1}$, с ² /м	$1/j_0$	$1/j_1$	...	$1/j_{n-1}$
Обратное ускорение в конце интервала $1/j_i$, с ² /м	$1/j_1$	$1/j_2$	...	$1/j_n$
Среднее обратное ускорение $1/j_{cp}$, с ² /м	$1/j_{cp1}$	$1/j_{cp2}$	...	$1/j_{cpn}$
Время разгона в интервале t_i , с	t_1	t_2	...	t_n
Полное время разгона T , с	t_1	$t_1 + t_2$	...	$t_1 + t_2 + t_n$
Средняя скорость в интервале v_{cpi} , м/с	v_{cp1}	v_{cp2}	...	v_{cpn}
Путь разгона в интервале S_i , м	S_1	S_2	...	S_n
Полный путь разгона S , м	S_1	$S_1 + S_2$	...	$S_1 + \dots + S_n$

3.6.3 Путь разгона автомобиля. Скорость $v = \frac{dS}{dt}$, откуда $dS = v dt$.

Интегрируя, получаем

$$S = \int_{t_{i-1}}^{t_i} v dt = v \int_{t_{i-1}}^{t_i} dt. \quad (3.21)$$

Вычисление пути разгона по выражению (3.21) осуществляется с использованием графика времени. Площадь на графике времени разгона, ограниченная справа кривой $T(v)$, осью времени слева, линией $T = \sum t_i$ сверху и осью скорости снизу, согласно выражению (3.21), представляет собой путь разгона автомобиля от скорости v_0 слева и до $0,9 \cdot v_{\max}$.

Считая, что в каждом интервале времени разгона t_i , соответствующем принятым при построении графика времени разгона интервалам скорости, движение автомобиля происходит со средней скоростью, определяемой по формуле

$$v_{cpi} = 0,5(v_{i-1} + v_i), \quad (3.22)$$



путь его разгона от скорости v_{i-1} до v_i , проходимый за время t_i , рассчитывается по выражению

$$S_i = v_{срi} \cdot t_i. \quad (3.23)$$

Полный путь разгона автомобиля от скорости v_0 до $0,9 \cdot v_{\max}$ определяется по выражению

$$S = \sum_{i=1}^n S_i = S_1 + S_2 + \dots + S_n. \quad (3.24)$$

Результаты расчета пути разгона сводятся в таблицу 3.2 и иллюстрируются графиком пути разгона.

3.7 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля

Топливо-экономическая характеристика представляет зависимость путевого расхода топлива от скорости движения автомобиля при различных коэффициентах дорожного сопротивления.

При установившемся движении путевой расход топлива определяется по выражению

$$Q_s = 100 \cdot \frac{g_e \cdot N_3}{3,6 \cdot \rho \cdot v \cdot h}, \quad (3.25)$$

где g_e – удельный расход топлива, г/(кВт·ч);

N_3 – мощность, затрачиваемая на движение автомобиля, кВт;

ρ – плотность топлива, $\rho = 730 \text{ кг/м}^3$ – для бензина и $\rho = 860 \text{ кг/м}^3$ – для дизельного топлива;

v – скорость автомобиля, м/с;

η – КПД трансмиссии автомобиля.

Расчет топливно-экономической характеристики осуществляется с использованием данных расчета тягово-динамических характеристик автомобиля.

3.7.1 Расчет баланса и степени использования мощности. Расчет баланса мощности автомобиля выполняется на высшей передаче при двух значениях коэффициента дорожного сопротивления. Для этого при расчетных значениях угловой скорости коленчатого вала двигателя ω_e и соответствующих им значениях скорости v_i автомобиля вычисляется следующее.



3.7.1.1 Мощность, подводимая к ведущим колесам автомобиля,

$$N_T = N_e \cdot \eta . \quad (3.26)$$

Значения N_e берутся из таблицы 3.1.

3.7.1.2 Мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха,

$$N_B = P_B \cdot v . \quad (3.27)$$

Соответствующие значения P_B , кН, и v , м/с, берутся из таблицы 3.1.

3.7.1.3 Мощность, необходимая для преодоления дорожного сопротивления,

$$N_D = P_D \cdot v = M \cdot g \cdot \psi \cdot v \cdot 10^{-3} , \quad (3.28)$$

где M – полная масса автомобиля, кг;
 g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;
 ψ – коэффициент дорожного сопротивления;
 v – скорость автомобиля, м/с.

Расчет N_D выполнить для двух значений коэффициента дорожного сопротивления: $\psi = \psi_v$ – заданного в задании и большего на 0,005.

Результаты расчета сводятся в таблицу 3.3 и иллюстрируются графиком баланса мощности. На график наносятся кривые N_e , N_T , N_B , N_D и N'_D .

3.7.1.4 Степень использования мощности рассчитывается по выражению

$$I = N_z / N_e \cdot \eta ,$$

где $N_z = N_D + N_B$.

3.7.1.5 Степень использования угловой скорости коленчатого вала двигателя рассчитывается по выражению

$$E = \frac{v_i}{v_N} = \frac{\omega_{ei}}{\omega_{eN}} , \quad (3.29)$$

где ω_{ei} и v_i – текущие значения угловой скорости коленчатого вала двигателя и скорости автомобиля;

ω_{eN} и v_N – значения угловой скорости коленчатого вала двигателя и скорости автомобиля при максимальной мощности двигателя.

Результаты расчета N_z , I и E заносятся в таблицу 3.3.



Таблица 3.3 – Результаты расчета баланса мощности и расхода топлива

Параметр	Размерность	Значение параметра					
		0,2 ω_N	0,4 ω_N	0,6 ω_N	0,8 ω_N	ω_N	1,2 ω_N
ω_e	рад/с						
v	м/с						
N_e	кВт						
$N_e \cdot \eta$	кВт						
N_B	кВт						
При $\psi = \psi_v$	N_D	кВт					
	N_3	кВт					
	I	–					
	k_I	–					
	E	–					
	k_E	–					
	g_e	г/(кВт · ч)					
Q_S	л/100 км						

3.7.2 Расчет расхода топлива.

3.7.2.1 Удельный расход топлива определяется по формуле

$$g_e = g_{eN} \cdot k_I \cdot k_E, \quad (3.30)$$

где g_{eN} – удельный расход топлива двигателем при максимальной мощности, г/(кВт·ч); принимается на 5...10 % больше минимального удельного расхода g_{emin} , задаваемого в задании;

k_I – коэффициент, учитывающий изменение g_e в зависимости от степени использования мощности I , определяемый при приближенных расчетах по выражениям:

– для дизельных двигателей

$$k_I = 1,2 + 0,14I - 1,8I^2 + 1,46I^3; \quad (3.31)$$

– для бензиновых двигателей

$$k_I = 3,27 - 8,22I + 9,13I^2 - 3,18I^3; \quad (3.32)$$

k_E – коэффициент, учитывающий изменение g_e в зависимости от степени использования угловой скорости коленчатого вала двигателя E , определяемый для всех типов автомобилей по выражению

$$k_E = 1,25 - 0,99E + 0,98E^2 - 0,24E^3. \quad (3.33)$$

Результаты расчета k_I , k_E и g_e заносятся в таблицу 3.3.



3.7.2.2 Путь расход топлива рассчитывается по выражению (3.25).

Результаты расчета заносятся в таблицу 3.3 и представляются в виде топливно-экономической характеристики автомобиля. Кривая $Q_s(v)$ при значении коэффициента дорожного сопротивления $\psi = \psi_v + 0,005$ строится до значения скорости v'_{\max} , соответствующего балансу мощности при этом коэффициенте дорожного сопротивления и определяемого по перпендикуляру, опущенному на ось скоростей из точки A' на графике баланса мощности.

4 Обзор и анализ конструкций агрегатов, узлов, механизмов или систем автомобиля, подлежащих разработке (модернизации)

На предварительном этапе требуется провести анализ известных технических решений заданного для разработки или модернизации агрегата, механизма или системы автомобиля, уточнить назначение и взаимосвязь деталей рассматриваемого механизма или системы прототипа, подготовить обоснование целесообразности доработки тех или иных элементов. Принятые решения необходимо согласовать с руководителем.

Следует привести схему сборки агрегата, узла (взять из каталога деталей автомобиля-прототипа), а также в обязательном порядке классификацию известных конструктивных схем, лежащих в основе конструкции разрабатываемого (модернизируемого) агрегата, узла или системы.

Далее нужно привести принципиальную схему разрабатываемого (модернизируемого) агрегата, узла или системы с описанием его устройства и принципа работы.

На завершающем этапе необходимо указать недостатки конструкции прототипа разрабатываемого (модернизируемого) агрегата, узла.

5 Патентный поиск

Патентные исследования – это исследования технического уровня и тенденций развития объектов техники, их патентоспособности, патентной чистоты, конкурентоспособности на основе патентной и иной информации.

По своему характеру и содержанию патентные исследования относятся к прикладным научно-исследовательским работам. Патентные исследования проводятся как в виде самостоятельной научно-исследовательской работы, так и в составе работ субъекта хозяйствования.

Проведение патентных исследований регламентируется Государственным стандартом Республики Беларусь СТБ 1180–99 *Патентные исследования. Содержание и порядок проведения.*

Основной составляющей патентных исследований является патентный поиск, который представляет собой специализированный информационный поиск. Патентный поиск – это процесс отбора соответствующих запросу документов или сведений по одному или нескольким признакам из массива



патентных документов или данных (при этом осуществляется процесс поиска из множества документов и текстов только тех, которые соответствуют теме или предмету запроса).

Предмет поиска определяют исходя из конкретных задач патентных исследований, особенностей объекта (устройство, способ, вещество), а также из того, какие его элементы, параметры, свойства и другие характеристики предполагается исследовать.

При патентном поиске сравниваются выражения смыслового содержания информационного запроса и содержания документа. Для оценки результатов поиска создаются определенные правила – критерии соответствия, устанавливающие, при какой степени формального совпадения поискового образа документа с поисковым предписанием текст следует считать отвечающим информационному запросу.

Среди основных целей патентного поиска можно назвать проверку уникальности изобретения, поиск изобретателей или компании, получивших патенты на изобретения в той же области, поиск патентов на какой-либо продукт, поиск потенциальных лицензиаров, поиск дополнительных информационных материалов.

Основные виды патентного поиска: предметный, именной (или фирменный), нумерационный, патентов-аналогов. Выбор типа патентного поиска определяется как необходимой глубиной поиска и временными ограничениями, так и поисковыми возможностями лица или организации, проводящих поиск.

Предметный поиск является основным и чаще всего применяемым. При этом виде поиска формулируется техническая задача (предмет поиска), выбором рубрики (рубрик) патентной классификации ограничивается тематическая область поиска, выявляются и анализируются патентные материалы, относящиеся к ней за необходимый временной промежуток.

Именной (или фирменный) поиск проводится в том случае, когда известны имя (имена) изобретателя (изобретателей) или названия фирм. Этот вид поиска дополняет предметный поиск.

Нумерационный поиск осуществляется, когда известен номер охранного документа и по его номеру требуется узнать другие данные об изобретении, полезной модели, промышленном образце.

Поиск патентов-аналогов проводится для выявления патентов, выданных в какой-либо стране и запатентованных затем в других странах, т. е. выявляются патенты, выданные в каждой стране патентования на одно и то же изобретение. К этому виду поиска целесообразно прибегать, если найден патент на редком языке, а патенты-аналоги позволяют ознакомиться с описанием данного изобретения на других, более доступных языках. Кроме того, этот вид поиска дополняет предметный и проводится на стадии подробного ознакомления с полными описаниями к патентам.

В рамках курсового проекта необходимо выбрать патент на деталь агрегата, системы или механизма автомобиля, которая будет являться прототипом для разработки проектных решений и будет представлена



на третьем листе графической части. В качестве источников информации можно использовать патенты, реферативные журналы; каталоги двигателей, агрегатов и узлов автомобилей, имеющиеся в компьютерном классе кафедры в формате pdf, а также ресурсы, размещенные в сети Интернет (www.fips.ru, www.autoreview.ru, на английском языке – www.sae.org/automag, www.freepatentsonline.com).

В краткой форме следует представить обоснование выбора прототипа (описать, насколько подобны по конструкции проектируемая деталь агрегата, механизма или системы автомобиля и прототип, при необходимости привести особенности прототипа), подробно описать элементы конструкции механизма или системы прототипа, которые в соответствии с заданием указаны для детальной разработки.

Сборочный чертеж агрегата, узла или системы нужно представить на 1...2 листах формата А1, детализовку с рабочими чертежами модернизируемых деталей – также на 1...2 листах формата А1.

6 Функциональный и прочностной расчеты

Проектный расчет предлагаемой конструкторской разработки по шасси автомобиля имеет целью определение основных параметров деталей проектируемого узла (системы, агрегата). В разделе должны быть приведены схемы сил и моментов, описан характер нагрузок, действующих на узел в процессе эксплуатации автотранспортного средства, представлен прочностной расчет основных деталей проектируемого узла, определены основные параметры узла, размеры деталей, их конфигурации, взаимные расположения деталей и комплектовка узла. В процессе расчетов выбирают марки конструкционных материалов, назначают режимы термообработки, определяют необходимый запас прочности.

Раздел должен также включать описание конструкторской разработки и принцип ее действия, элементы технического обслуживания и особенности технической эксплуатации.

Объем раздела составляет 12...15 с.

Расчет конструкторской разработки типового характера производится в следующей последовательности:

- постановка задачи расчета;
- составление расчетной схемы (эскиза);
- выбор исходных данных для расчета и принимаемые допущения;
- анализ полученных результатов.

Расчет сцепления.

Исходными данными для расчета сцепления являются тип автомобиля и момент двигателя.

В процессе разработки принятого варианта сцепления выполняются следующие операции:

- расчет силовых параметров сцепления (статического момента трения, усилия сжатия дисков) и выбор размеров основных элементов сцепления;

– расчет показателей нагруженности (работы буксования, удельной работы буксования, нагрева дисков) и их сравнительная оценка с аналогами и допустимыми значениями;

- расчет отдельных элементов на прочность и расчет упругих характеристик пружин;
- расчет привода сцепления.

К основным параметрам и размерам сцепления относятся: статический момент трения, передаваемый сцеплением; коэффициент запаса сцепления; расчетный коэффициент трения; нажимные усилия пружин; число ведомых дисков; наружный и внутренний радиусы фрикционных накладок ведомых дисков; число и жесткость нажимных пружин; удельная нагрузка на фрикционные накладки; работа буксования; удельная работа буксования; повышение средней температуры нажимного диска.

Алгоритм расчета. По известному значению максимального крутящего момента двигателя и принятому коэффициенту запаса муфты сцепления рассчитывается статический момент трения, передаваемый сцеплением.

Определяется нажимное усилие на диски (сила сжатия диска), необходимое для передачи расчетного момента сцепления, исходя из момента трения.

В соответствии с действующими стандартами окончательно принимаются основные параметры и размеры ведомого и нажимного дисков.

Выполняются расчеты и оценка показателей нагруженности сцепления:

– работы буксования; она сравнивается со значением работы буксования аналогов;

– удельной работы буксования в зависимости от размеров сцепления и сравнения с ее допустимым значением;

– прироста средней температуры нажимного диска при трогании автомобиля с места; повышение средней температуры сравнивается с допустимым значением.

Проводится расчет элементов сцепления на прочность:

– параметров и упругой характеристики пружин (винтовых или диафрагменных), а также напряжений, возникающих при их работе;

– параметров и прочностной характеристики шлицев ступицы ведомого диска, пластин крепления нажимного диска к кожуху, рычагов включения других деталей.

В соответствии с выбранным типом и схемой привода сцепления выполняется кинематический расчет привода сцепления с учетом существующих ограничений по полному ходу педали сцепления и допустимого усилия, которое может быть приложено к педали.

В зависимости от конструктивного исполнения детали привода могут рассчитываться на изгиб, изгиб и кручение, а тяги – на продольную устойчивость.



Расчет механической коробки передач.

Исходными данными для расчета коробки передач являются максимальный крутящий момент двигателя и передаточные числа коробки передач.

В процессе проектирования коробки передач выполняются следующие операции:

- расчет основных параметров коробки передач по базовому размеру;
- кинематический расчет (числа зубьев каждой пары зубчатых колес, удовлетворяющих ранее рассчитанным передаточным числам);
- статический расчет (расчет на прочность зубьев шестерен и колес, а также на прочность и жесткость валов; расчет шлицевых и шпоночных соединений; расчет подшипников и КПД);
- расчет элементов управления коробкой передач (выбор типа исполнительного механизма переключения передач и его привода, расчет синхронизаторов).

К основным размерам и параметрам коробки передач относятся: базовый размер (межосевое расстояние); длина, ширина, вес (масса), вместимость; параметры зубчатых колес.

Алгоритм расчета.

Определение числа степеней и передаточных чисел коробки передач на различных передачах:

- выбор типа коробки передач;
- разработка кинематической схемы коробки передач.

Расчет и выбор массогабаритных размеров коробки передач:

- межосевого расстояния (базового размера);
- параметров зубчатых колес и числа зубьев сопряженных пар зубчатых колес;
- объема картера (длины и ширины);
- диаметров валов, размеров и типов подшипников;
- КПД коробки передач.

Расчет момента на первичном валу и деталей коробки передач на прочность и жесткость:

- зубчатых колес на изгиб и контактную прочность зубьев;
- валов в опасных сечениях на изгиб и кручение, прогиб валов (вычерчивается расчетная схема, определяются реакции опор, максимальные изгибающие моменты в опасных сечениях);
- в подшипниках (определяются статическая, динамическая грузоподъемности или приведенная нагрузка, ресурс работы подшипника L_h в часах).

Расчет элементов управления:

- деталей синхронизаторов или зубчатых муфт (определяются конструктивные параметры синхронизаторов, время синхронизации, момент и работа трения и проводится проверочный расчет синхронизатора, а также определяется рабочая длина зубчатой муфты);
- деталей механизмов переключения.

Расчет карданной передачи.

Исходными данными для расчета карданной передачи являются максимальный крутящий момент двигателя и передаточные числа коробки передач. Проводится, как правило, проверочный расчет карданной передачи. В процессе разработки карданной передачи выполняются следующие операции:

- выбор кинематической и конструктивной схем и разработка конструкции карданной передачи;
- расчет и выбор основных параметров карданного вала;
- расчет деталей карданного вала на прочность.

Алгоритм расчета.

Разработка кинематической и конструктивной схем карданной передачи.

Расчет и выбор основных параметров карданного вала:

- длины карданного вала (определяются максимальные частота вращения (критическая) и крутящий момент на низшей передаче, проводится выбор размеров наружного и внутреннего диаметров вала, определяется допустимая длина вала);

– размеров карданного шарнира (проводится по ОСТ 37.001.086–76 *Шарниры карданные неровных угловых скоростей. Основные размеры и технические требования*);

- типа и размеров шлицевого соединения (по ГОСТ 1139–80);

– крестовины карданного вала (определяется расчетный крутящий момент на карданном валу условно сосредоточенной нормальной силы, действующей в середине шипа крестовины, напряжения изгиба и среза шипа);

– вилки карданного вала (определяются напряжения изгиба и кручения в опасном сечении вилки);

– игольчатых подшипников (определяются эквивалентный крутящий момент, радиальная нагрузка на подшипник, фактор качательного движения в подшипнике, поправочные коэффициенты и расчетный срок службы игольчатого подшипника);

– трубы карданного вала (руководствуясь критической частотой вращения вала, определяют напряжение кручения и угол закручивания трубы).

Расчет главной передачи.

Исходными данными для расчета главной передачи являются максимальный крутящий момент двигателя и передаточное число коробки передач. В процессе разработки главной передачи выполняются следующие операции:

- выбор кинематической и конструктивной схем главной передачи;

– выбор типа (коническая или цилиндрическая) зубчатой передачи, определение сил в зацеплениях;

– расчет валов главной передачи на прочность (по эквивалентным напряжениям) и жесткость; точность установки и перемещения зубчатых колес с предварительным натягом подшипников ведущего и ведомого валов и выбор подшипников;

– расчет отдельных деталей главной передачи: картера, втулок, болтов и т. п.

Алгоритм расчета.

Разработка конструктивной схемы главной передачи.

Выбор типа зубчатой передачи и расчет зубчатого зацепления:

- главной передачи на прочность (определяется расчетный крутящий момент); составляющих сил (окружной, осевой, радиальной), действующих в зубчатом зацеплении; опорных реакций. Выполняется прочностной расчет зубчатого зацепления (по изгибным и контактным напряжениям);
- валов главной передачи (определяются изгибающие, скручивающие и приведенные моменты, строятся эпюры; определяются опасные сечения и рассчитываются напряжения изгиба и кручения в этих сечениях);
- подшипников валов главной передачи на динамическую грузоподъемность (для средних нагруженных и скоростных режимов движения автомобиля).

Расчет дифференциала.

Исходными данными для расчета дифференциалов являются максимальный крутящий момент двигателя, передаточные числа коробки передач и главной передачи.

В процессе разработки принятого варианта дифференциала выполняются следующие операции:

- расчет дифференциала с определением его КПД;
- расчет полуосевых шестерен и сателлитов;
- расчет на прочность крестовин.

Алгоритм расчета.

В зависимости от принятого дифференциала определить его коэффициент блокировки, предварительно рассчитав моменты на отстающем и забегающем колесах.

Определить габаритные размеры дифференциала и КПД с моментами трения в дифференциале и его корпусе.

Расчет шестерен и сателлитов дифференциала:

- определяется окружная сила, действующая на один сателлит;
- рассчитываются напряжения изгибов в зубьях шестерен и сателлитов.

Расчет крестовины сателлитов на прочность:

- рассчитывается на смятие шип крестовины;
- определяются напряжения среза шипа крестовины и сравниваются с допускаемыми.

Расчет мостов.

Исходными данными для расчета ведущих мостов являются максимальный крутящий момент двигателя, передаточные числа коробки передач и главной передачи. В ведущем мосту подлежат расчету балка моста (подрамник) и полуоси (привод к ведущим колесам).

В процессе разработки мостов автомобиля выполняются следующие операции:

- прочностной расчет балок управляемых и ведущих мостов;
- расчет полуосей при различных условиях нагружения;



– расчет действующих усилий (напряженного состояния) и подбор подшипников для отдельных элементов моста.

Алгоритм расчета балок мостов и полуосей колес.

Расчет сил и моментов, действующих на мосты (при условии действия максимальной силы тяги на колеса, передачи поперечных сил, соответствующих максимальному сцеплению колес с опорной поверхностью).

Расчет на прочность балок управляемых мостов (приводится расчетная схема, определяются силы и моменты, действующие на мост; строится эпюра моментов; рассчитываются на прочность поворотные кулаки, шкив и шкворни; подбираются подшипники колес).

Расчет на прочность балок ведущих мостов (приводится расчетная схема; определяются силы и моменты, действующие на мост; строится эпюра моментов при различных условиях нагружения; подбираются подшипники ступиц колес).

Расчет полуоси (приводится расчетная схема; определяются действующие напряжения и рассчитываются полуоси при различных условиях нагружения: полуразгруженной, на три четверти разгруженной, разгруженной).

Расчет тормоза и тормозных приводов.

В процессе разработки тормозов и тормозных приводов автомобиля выполняются следующие операции:

- выбор типа и основных размеров тормозного механизма и его привода;
- определение выходных параметров, обеспечивающих требуемую эффективность тормозной системы и устойчивость автомобиля при его торможении;
- прочностной расчет отдельных деталей тормозного механизма и его привода.

Алгоритм расчета.

Выбор типа исполнения и основных размеров тормозного механизма и его приводов:

- составление схемы сил, действующих на автомобиль при его торможении;
- обоснование типа исполнения тормозного механизма и его привода;
- определение основных размеров тормозного механизма (по ОСТ 37001.016–70, ГОСТ 158353–70).

Определение выходных параметров тормозной системы:

- суммарного тормозного момента автомобиля и суммарных тормозных моментов по осям автомобиля;
- сил, действующих в тормозном механизме;
- удельной работы трения тормозного механизма и сравнительная оценка ее с допустимой величиной.

Расчет отдельных деталей тормозного механизма и его привода:

- тормозного барабана (выбор типа конструкции);
- теплоемкости деталей тормозного механизма; сравнительная оценка кинетической энергии, превращаемой в теплоту тормозными механизмами;
- разжимного устройства (выбор типа и расчет);



– привода (составляется расчетная схема привода и на ее основе определяется усилие на педали управления и ее рабочий ход).

Расчет подвески.

В процессе разработки подвески автомобиля выполняются следующие операции:

- выбор типа подвески и определение ее типов кинематических параметров;
- расчет упругих элементов подвески и направляющего устройства;
- построение эпюры изгибающих моментов, действующих в подвеске.

Алгоритм расчета.

Выбор типа исполнения подвески и определение ее параметров:

- обоснование типа исполнения подвески;
- разработка кинематической и расчетной схем выбранного типа подвески;
- расчет нагрузок, приходящих на оси (по известным координатам центра тяжести и полной массе автомобиля);
- расчет статических нагрузок, приходящихся на упругий элемент подвески;
- разработка расчетной схемы упругого элемента подвески;
- расчет нагрузок, приходящихся на упругий элемент подвески;
- расчет нагрузок, приходящихся на упругий элемент подвески в режиме разгона и торможения автомобиля.

Расчет упругих элементов подвески и направляющего устройства:

- листовых рессор (нагрузки на рессору; длина, ширина и толщина рессор; число листов и высоты пакета, момент инерции и момент сопротивления центрального сечения рессоры; коэффициенты прогиба и формы рессоры; расчетный прогиб; среднее напряжение, показатель напряженного состояния; номинальная, удельная и теоретическая массы рессоры; коэффициент использования металла);
- витых пружин (основные геометрические параметры, напряжение в витках и упругая характеристика);
- направляющего устройства (основные параметры и напряжение в устройстве).

Построение эпюр изгибающих моментов, действующих в подвеске:

- определение реакций опор в подвеске и изгибающих моментов;
- построение эпюр изгибающих моментов;
- определение опасных сечений и расчет возникающих в них напряжений.

Расчет рулевого управления.

В процессе разработки рулевого управления выполняются следующие операции:

- кинематический расчет рулевого управления;
- силовой расчет рулевого управления;
- прочностной расчет отдельных деталей рулевого управления.

Алгоритм расчета.

Определение кинематических параметров рулевого управления:

- углов поворота управляемых колес;

- передаточных чисел рулевого механизма, его привода и рулевого управления в целом;

- параметров рулевой трапеции.

Определение сил, действующих в рулевом управлении:

- силы, необходимой для поворота управляемых колес на месте;

- силы, развиваемой усилителем (если он имеется);

- силы на рулевом колесе (с усилителем или без него).

Прочностной расчет и выбор размеров отдельных деталей рулевого управления:

- определение момента на рулевом валу и выбор диаметра рулевого вала (ОСТ 37.001.062–75);

- рулевого вала на кручение и жесткость;

- рулевого механизма (пары зубчатого зацепления: ролик-червяк, рейка-сошка и т. п.);

- сошки на изгиб и кручение;

- шарниров, рычагов и тяг по контактным напряжениям (размеры шаровых пальцев должны соответствовать ОСТ 37.001.233–80);

- продольных и поперечных тяг на устойчивость.

7 Техническая характеристика автомобиля

В данном разделе необходимо указать следующее: тип двигателя; номинальное значение мощности двигателя; номинальное значение частоты вращения коленчатого вала; номинальное и максимальное значения крутящего момента двигателя; количество передач в коробке передач проектируемого автомобиля; передаточные числа каждой передачи, в том числе заднего хода; путь и время разгона автомобиля до максимальной скорости; путевой расход топлива; марка применяемого топлива и обозначение технического регламента (технического нормативно-правового акта), по которому оно изготавливается и маркируется; несколько параметров, взятых из прототипа (снаряженная масса, колесная формула и т. д.).

8 Требования к заключению

В разделе «Заключение» курсовой работы необходимо:

- указать, достигнута ли цель проектирования;

- привести количественные результаты расчетов (указать не менее пяти значений параметров из технической характеристики рассчитанного автомобиля);

- отразить качественные результаты расчетов (сделать краткое сравнение конструкции спроектированного (модернизированного) агрегата автомобиля с аналогичным по характеристикам серийно выпускаемым прототипом; указать особенности системы и/или механизма, которые, согласно заданию, требовалось детально проработать; пояснить, каким образом учитывались вопросы энерго- и ресурсосбережения, экологической безопасности в курсовом проекте).



Список литературы

1 **Иванов, А. М.** Основы конструкции автомобиля : учебник для вузов / А. М. Иванов. – Москва: За рулем, 2007. – 336 с.

2 **Гудцов, В. Н.** Современный легковой автомобиль. Экология. Экономичность. Электроника. Эргономика (тенденции и перспективы развития): учебное пособие для вузов / В. Н. Гудцов. – Москва: Кнорус, 2012. – 448 с.

3 **Вахламов, В. К.** Автомобили. Основы конструкции: учебник / В. К. Вахламов. – 5-е изд., стер. – Москва: Академия, 2010. – 528 с.

4 **Иванов, А. М.** Автомобили. Конструкция и рабочие процессы: учебник / А. М. Иванов, С. Н. Иванов, Н. П. Квасновская ; под ред. В. И. Осипова. – Москва: Академия, 2012. – 384 с.

5 **Карташевич, А. Н.** Тракторы и автомобили. Конструкция: учебное пособие / А. Н. Карташевич, О. В. Понталев, А. В. Гордеенко; под ред. А. Н. Карташевича. – Минск: Новое знание; ИНФРА-М, 2013. – 312 с.: ил.

6 **Савич, Е. Л.** Легковые автомобили: учебник / Е. Л. Савич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Новое знание; ИНФРА-М, 2013. – 758 с.: ил.

7 **Сокол, Н. А.** Основы конструкции и расчета автомобиля: учебное пособие для вузов / Н. А. Сокол, С. И. Попов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 303 с.

8 Требования к выполнению технологической и конструкторской документации в курсовом и дипломном проектировании: метод. рекомендации для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис» / Сост. И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2012. – 48 с.



Приложение А (обязательное)

Бланк задания к курсовой работе

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»
Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

ЗАДАНИЕ

к курсовому проекту по дисциплине «Автомобили»

Студенту гр. ТЭА (АВТ) – _____

Тема курсового проекта: _____

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1. Класс автомобиля _____
2. Тип автомобиля _____
3. Грузоподъемность (пассажировместимость) _____ т (чел.)
4. Тип двигателя (бензиновый/дизельный/на газомоторном топливе)
5. Минимальный удельный расход топлива двигателем $g_{e \min} = \underline{\hspace{2cm}}$ г/(кВт·ч)
6. Максимальная скорость автомобиля _____ км/ч
7. Размер шин _____
8. Максимальный коэффициент сцепления колес с дорогой $\varphi_{\max} = \underline{\hspace{2cm}}$
9. Максимальный коэффициент дорожного сопротивления, преодолеваемый автомобилем, $\Psi_{\max} = \underline{\hspace{2cm}}$
10. Коэффициент дорожного сопротивления при максимальной скорости автомобиля $\Psi_V = \underline{\hspace{2cm}}$

СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

1. Введение.
2. Определение назначения, оценка условий и режимов работы проектируемого автомобиля.
3. Выбор автомобиля-прототипа и анализ его технической характеристики и значений показателей эксплуатационных свойств.
4. Проектировочный тяговый расчет автомобиля.
5. Поверочный тяговый расчет автомобиля.
6. Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля.
7. Обзор и анализ конструкций разрабатываемого (модернизируемого) агрегата.
8. Функциональный и прочностной расчеты.
9. Техническая характеристика автомобиля.
10. Заключение.
11. Список литературы.



СОДЕРЖАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ (3 листа формата А1)

1. Результаты и графики тягово-динамического и топливно-экономического расчетов – 1 лист формата А1.
2. Сборочный чертеж проектируемого (модернизируемого) узла – 1 лист формата А1.
3. Рабочие чертежи деталей – 1 лист формата А1.

Дата выдачи задания _____

Руководитель _____
(ФИО преподавателя, подпись)

Задание принял _____
(ФИО студента, подпись, дата)

