

Документ подписан простой электронной подписью
Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
Информация о владельце:
ФИО: Кудрявцев Максим Геннадьевич
ФИО: Кудрявцев Максим Геннадьевич
Должность: Профессор, Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Должность: Профессор, Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Дата подписания: 03.12.2024 11:54:24
Дата подписания: 03.12.2024 11:54:24
Уникальный программный ключ:
Уникальный программный ключ:
790a1a8df2325774421adc1fc9645360e902bfb0
790a1a8df2325774421adc1fc9645360e902bfb0

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО»**
(Университет Вернадского)

**Факультет электроэнергетики и технического сервиса
Кафедра «Эксплуатация и технический сервис машин»**

ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ЗАДАНИЕ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

**Студентам 3*, 4 курсов направления подготовки бакалавров
35.03.06 – Агроинженерия, профиль «Эксплуатация и
ремонт агротехнических систем»**

Составители: к.т.н. доцент А.С. Сметнев, ст.преподаватель Ю.Б. Юдин

УДК. 621.1 (076.5)

Тракторы и автомобили: Методические указания по изучению дисциплины и задание для курсовой работы/ Ун-т Вернадского; Сост. А.С. Сметнев, Ю.Б.Юдин, Балашиха., 2024с.

Предназначены для студентов 3* и 4 курсов
Утверждены методической комиссией факультета
электроэнергетики и технического сервиса

Рецензенты:

Рецензент: докт. техн. наук, профессор
к.т.н. доцент

П.И. Гаджиев
В.Н. Сивцов

Раздел 1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Тракторы и автомобили» относится к вариативной части блока Б1 дисциплин и модулей основной образовательной программы. Методические указания по дисциплине составлены в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки бакалавров 35.03.06 – «Агроинженерия» утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №1172 от «20» октября 2017 года, примерной рабочей программой по дисциплине и рабочими учебными планами, утвержденными ученым советом Университета Вернадского.

Цели и задачи дисциплины

Цель – дать будущим специалистам знания по конструкции, основам теории, расчёту и испытаниям тракторов и автомобилей, необходимые для эффективной эксплуатации этих машин в агропромышленном производстве.

Задачи – изучение конструкции и регулировочных параметров основных моделей тракторов и автомобилей, а также теории, режимов работы и технологических основ мобильных энергетических средств.

Бакалавр по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия должен решать следующие профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности:

научно-исследовательская деятельность

- участие в проведении научных исследований по утвержденным методикам;

- участие в разработке новых машинных технологий и технических средств.

проектная деятельность:

- участие в проектировании технологических процессов производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники на основе современных методов, и технических средств;

- участие в проектировании технических средств, систем электрификации и автоматизации технологических процессов, и объектов инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- обладать компетенциями:

- способностью к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1);

- готовностью изучать и использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований (ПК-1);

готовностью к участию в проведении исследований рабочих и технологических процессов машин (ПК-2);

- готовностью к профессиональной эксплуатации машин и технологического

оборудования и электроустановок (ПК-8);

- способностью анализировать технологический процесс и оценивать результаты выполнения работ (ПК-13).

знать:

- теоретические основы законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;

- теоретические основы, научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований;

- технологические процессы с.-х. машин.

уметь:

- применять на практике теоретические основы законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;

- изучать и использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований;

- обосновывать рациональные комплексы с.-х. машин, выполнять технологические регулировки с.-х. машин, оценивать качество технологических процессов выполняемых с.-х. машинами.

владеть:

- способностью к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;

- готовностью изучать и использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований;

- обосновывать рациональные комплексы с.-х. машин, выполнять технологические регулировки с.-х. машин, оценивать качество технологических процессов выполняемых с.-х. машинами;

- методами оценки современных ресурсосберегающих технологий.

1.2. Библиографический список

Основной

1. *Болотов А.К.* Конструкция тракторов и автомобилей: учебное пособие для вузов. –М.: КолосС, 2006.

2. *Кутьков Г.М.* Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства: учебник для вузов. -М.: КолосС, 2004г.

3. *Поливаев О.И.* Тракторы и автомобили. Конструкция: учеб. пособие для вузов/ О.И. Поливаев, В.П. Гребнев, и др.-М.: Кнорус, 2010.

Дополнительный

4. *Кравченко В.А. и др.* Автомобиль. Основы конструкции и расчета: учебное пособие для вузов. Зерноград, 2009.

5. *Кузьмин Н.А., Песков В.И.* Автомобильный справочник, терминология, определения, исторические факты: учебное пособие. –Н. Новгород, 2008.

6. *Гаврилов К.Л.* Тракторы и с.-х. машины иностранного и отечественного производства: устройство, диагностика и ремонт : учеб. пособие/ К.Л. Гаврилов. – Пермь : Звезда, 2010.

7. *Гуревич А.М.* Тракторы и автомобили: учебник для техникумов/ А.М.

Гуревич, Е.М. Сорокин. – 5-е изд., стер. – М. : Альянс, 2011.

8. Гребнев В.П. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства: учеб. пособие для вузов/ В.П. Гребнев, и др. – М. : Кронус, 2011.

9. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов : учебник для вузов/ В.М. Ширапов – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2009.

1.3. Таблица распределения учебного времени по модулям (разделам) дисциплины и видам занятий с указанием учебного времени

№ п/п	Наименование модуля (раздела) дисциплины	Лекц.	Лаб. зан.	СРС	Всего час.
1	2	3	4	5	6
1.	Модуль 1. Основы теории тракторных и автомобильных двигателей	4 (2)	3 (2)	45 (48)	52
1.1.	Тема 1.1. Рабочие циклы двигателей.	1 (0,5)	0,8 (0,5)	11 (12)	12,8 (13)
1.2.	Тема 1.2. Система питания	1 (0,5)	0,7 (0,5)	11 (12)	12,7 (13)
1.3.	Тема 1.3 Регулирование двигателей	1 (0,5)	0,7 (0,5)	11 (12)	12,7 (13)
1.4.	Тема 1.4. Кинематика и динамика двигателей	1 (0,5)	0,8 (0,5)	12 (12)	13,8 (13)
2.	Модуль 2. Конструкция двигателей тракторов и автомобилей	4 (2)	3 (3)	49 (51)	56
2.1.	Тема 2.1. Двигатели: системы и механизмы	2 (1)	2 (2)	25 (26)	29
2.2.	Тема 2.2. Электрооборудование тракторов и автомобилей	2 (1)	1 (1)	24 (25)	27
3.	Модуль 3. Конструкция тракторов и автомобилей	4 (2)	4 (3)	48 (51)	56
3.1.	Тема 3.1. Трансмиссия	1 (0,5)	1 (0,6)	10 (11)	12 (12,1)
3.2.	Тема 3.2. Остов и ходовая часть	1 (0,5)	1 (0,6)	10 (10)	12 (11,1)
3.3.	Тема 3.3. Управление трактором и автомобилем	1 (0,3)	1 (0,6)	10 (10)	12 (10,9)
3.4.	Тема 3.4. Рабочее оборудование тракторов и автомобилей	0,5 (0,4)	0,5 (0,6)	9 (10)	10 (11)
3.5.	Тема 3.5. Вспомогательное и дополнительное оборудование	0,5 (0,3)	0,5 (0,6)	9 (10)	10 (10,9)
4.	Модуль 4. Основы теории тракторов и автомобилей	4(2)	4 (2)	44 (48)	52
4.1.	Тема 4.1. Работа тракторных и автомобильных движителей	1 (0,5)	1 (0,5)	11 (12)	13
4.2.	Тема 4.2. Тяговый и энергетический баланс и тяговая динамика трактора и автомобиля	1 (0,5)	1 (0,5)	11 (12)	13
4.3.	Тема 4.3. Проходимость, плавность хода и тормозная динамика автомобиля	1 (0,5)	1 (0,5)	11 (12)	13
4.4.	Тема 4.4. Устойчивость и управляемость трактора и автомобиля	1 (0,5)	1 (0,5)	11 (12)	13
Итого:		16(8)	14(10)	186(198)	216

Примечание: в скобках указаны часы для студентов с сокращенным сроком

обучения.

Раздел 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ МОДУЛЕЙ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ИЗУЧЕНИЮ

2.1. Модуль 1. Основы теории тракторных и автомобильных двигателей

2.1.1. Содержание модуля 1.

Тема 1.1. Рабочие циклы двигателей.

Процессы газообмена - выпуск, впуск, расчет основных, показателей. Коэффициенты остаточных газов и наполнения. Эксплуатационные и конструктивные факторы, определяющие эффективность газообмена. Наддув двигателей.

Процесс сжатия. Влияние степени сжатия на показатели, двигателя. Влияние эксплуатационных и конструктивных факторов на процесс сжатия. Расчет показателей процесса сжатия.

Процесс сгорания. Фазы процесса. Анализ влияния эксплуатационных и конструктивных факторов на процесс сгорания в карбюраторных двигателях и дизелях. Расчет показателей процесса. Детонация, жесткость, калильное зажигание.

Процесс расширения. Влияние эксплуатационных факторов на процесс расширения. Расчет показателей процесса расширения.

Индикаторные и эффективные показатели. Влияние эксплуатационных и конструктивных факторов на показатели двигателя. Расчет индикаторных, эффективных показателей, определение механических потерь. Тепловой баланс. Изменение теплового баланса в эксплуатационных условиях.

Токсичность двигателей. Состав отработавших газов. Дымность и токсичность в зависимости от режима работы и регулировок двигателя. Нормирование дымности и токсичности.

Тема 1.2. Система питания.

Очистка воздуха. Воздухоочистители. Оценочные показатели и характеристики воздухоочистителей.

Карбюрация топлива. Характеристика простейшего карбюратора и желаемая характеристика карбюратора. Способы компенсации состава смеси. Эксплуатационные регулировки карбюраторов.

Системы питания с применением газового топлива. Особенности расчета.

Способы смесеобразования в дизелях. Взаимосвязь процессов топливоподачи с процессом сгорания в цилиндре двигателя. Регулировки топливных насосов. Форсунки. Характеристика форсунки. Нагнетательные клапаны. Эксплуатационные факторы, влияющие на процессы топливоподачи и процесс сгорания в цилиндрах двигателя. Корректирование характеристики дизеля. Корректоры.

Системы впрыскивания бензина. Процессы подачи бензина в цилиндры, смесеобразование и сгорание смеси. Регулирование подачи бензина и зажигания в зависимости от различных факторов.

Тема 1.3. Регулирование двигателей

Понятие об устойчивости двигателя. Фактор устойчивости. Типы регуляторов. Характеристики и показатели регуляторов. Влияние изменения в процессе эксплуатации характеристик топливного насоса и регулятора на показатели работы двигателя.

Внешние и частичные характеристики двигателей. Применение частичных режимов двигателя в эксплуатационных условиях. Расчет возможной экономии топлива при условии ограничения рабочих скоростей агрегата при карбюраторном двигателе и дизеле.

Тема 1.4. Кинематика и динамика двигателей.

Кинематика и динамика КШМ. Силы, действующие в двигателе. Соотношение сил в КШМ. Опрокидывающий момент. Соотношение сил в КЩМ за рабочий цикл в одно- и многоцилиндровых двигателях.

Неравномерность работы двигателя. Способы снижения неравномерности частоты вращения и момента на различных режимах работы двигателя.

Уравновешенность двигателя. Способы уравновешивания рядных одно-, двух, трех и четырехцилиндровых двигателей. Уравновешивание двух- и многоцилиндровых V-образных двигателей. Практическая уравновешенность.

2.1.2. Методические указания по изучению модуля 1.

Изучая действительные циклы в поршневых двигателях внутреннего сгорания следует помнить, что в отличие от идеальных циклов поршневых ДВС, рассматриваемых в термодинамике, в реальных циклах рабочее тело после каждого цикла заменяется, отработавшие газы выпускаются из цилиндров в атмосферу и цилиндр двигателя наполняется свежим зарядом; процессы сжатия и расширения осуществляются с теплообменом, сгорание топлива не протекает строго при $v = \text{const}$ и $p = \text{const}$, отдельные процессы накладываются друг на друга.

Студентам предлагается тщательно изучить процессы четырехтактных поршневых ДВС в статических режимах. Расчет процессов ДВС в динамических режимах довольно сложен и является предметом научных исследований.

Изучение реальных процессов начинают с процесса наполнения. При изучении этого процесса необходимо ясно понять, что теоретически возможное количество свежего заряда — это то количество газа, которое могло бы заполнить рабочий объем цилиндра при давлении и температуре окружающей среды. Так как при наполнении цилиндра в реальном двигателе свежий заряд всегда нагревается, а давление заряда уменьшается из-за того, что газовому потоку необходимо преодолеть аэродинамические

сопротивления всей системы впуска, то действительное количество свежего заряда будет меньше теоретически возможного.

Величина свежего заряда, поступившего в цилиндры за процесс наполнения, зависит от многих факторов: конструктивных параметров впускного тракта, режима работы двигателя, температуры и давления окружающей среды, сопротивления воздухоочистителя и др.

К конструктивным параметрам относятся размеры впускного клапана, высота его подъема, длина, диаметр и форма впускного трубопровода, фазы газораспределения.

Рассматривая системы питания двигателя необходимо сначала изучить марки и свойства топлив, применяемых для ДВС. Способы приготовления горючей смеси для ДВС различных типов. Устройства для подвода воздуха и удаления отработавших газов, типы воздухоочистителей, индикаторы засоренности воздухоочистителей. Устройство турбокомпрессоров и особенности смесеобразования при наддуве. Технические решения регулируемого наддува. Устройство топливного насоса высокого давления для дизельного топлива (ТНВД), форсунок и регуляторов. Устройство и принцип работы инжекторных систем впрыска топлива и системы электронного управления впрыском дизельного топлива.

Изучая принципы регулирования двигателей необходимо помнить, что непрерывный колебательный, в основном случайный, характер возмущающих воздействий обуславливает колебания момента сопротивления, изменение крутящего момента и частоты вращения коленчатого вала, что вызывает необходимость установки на двигатель автоматических устройств (регуляторов), поддерживающих с определенной точностью заданный оператором режим в некотором диапазоне частоты вращения коленчатого вала или нагрузки. Изучая характеристика двигателей следует уяснить понятие режима работы двигателя, определяемого в простейшем случае значением крутящего момента (нагрузки) и частоты вращения коленчатого вала, а также степенью постоянства этих параметров во времени.

При работе поршневого двигателя в его кривошипно-шатунном механизме (КШМ) возникают усилия, определяющие условия работы как самих деталей КШМ, так и всего двигателя. При этом важно уметь определять значения сил в КШМ при различных углах поворота коленчатого вала (КВ) на протяжении всего рабочего цикла. Выявлению причин и характера возникновения различных условий в КШМ способствует знание его кинематики. При рассмотрении кинематики КШМ принимают, что двигатель на расчетном режиме работает с постоянной частотой вращения КВ, то есть $\omega_{КВ} = \text{const}$, при этом пренебрегают степенью нестабильности частоты вращения КВ, равной 2-4%.

2.1.3. Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные направления и тенденции развития тракторных и автомобильных ДВС?

2. Что называют тактом, полным и рабочим объемом цилиндра, геометрической и фактической степенью сжатия?
3. Каковы основные преимущества и недостатки двухтактных ДВС?
4. Каковы основные преимущества и недостатки дизелей?
5. Как определяется теоретически возможное и фактическое количество свежего заряда при рассмотрении процессов наполнения цилиндров?
6. Что называют коэффициентом наполнения?
7. Как определяются параметры процесса наполнения при газо-турбинном наддуве?
8. Что называют средним индикаторным давлением p_i ?
9. Что называется индикаторной мощностью M_i , мощностью эффективной M_e и M_T мощностью трения?
10. Как аналитически определить индикаторный удельный расход топлива?
11. Что называют оптимальными фазами газораспределения и от чего они зависят?
12. Каковы основные способы приготовления горючей смеси для ДВС различных типов?
13. Каким требованиям должны удовлетворять форсунки современных дизелей?
14. Как влияют регулировки карбюраторов на токсичность отработанных газов?
15. Какова необходимость установки регулятора частоты вращения коленчатого вала дизеля?
16. Какие основные элементы регулятора частоты вращения КВ дизеля вы знаете?
17. Какие характеристики двигателя называют «регулирующей по топливу», «регулирующей по углу опережения подачи топлива», «скоростной», «нагрузочной», и «регуляторной»?
18. Каких значений достигает средняя скорость поршня современных автомобильных и тракторных двигателей?
10. Какой двигатель называют полностью уравновешенным?
20. Как оценивают неравномерность крутящего момента и неравномерность вращения коленчатого вала?

2.1.4. Задания для самостоятельной работы

1. Приведите классификацию тракторных и автомобильных двигателей по разным признакам.
2. Составьте таблицу чередования процессов для четырех- и шестицилиндровых четырехтактных двигателей в соответствии с порядком их работы.
3. Напишите выражение для определения давления p_c и температуры T_c конца процесса сжатия.
4. Назовите максимальные значения параметров конца сгорания p_z и T_z .
5. Напишите выражение для определения индикаторного и механического коэффициентов полезного действия.

6. Начертите схему плунжерной пары, объясните принцип регулирования цикловой подачи топлива по концу подачи.
7. Приведите схему работы секции насоса распределительного типа.
8. Приведите этапы смесеобразования в бензиновом двигателе.
9. Приведите принципиальную схему всережимного регулятора.
10. Начертите кривую мощности регулировочной характеристики по углу опережения впрыска для дизеля.
11. Напишите выражение для скорости и ускорения поршня.
12. Напишите математическое выражение для сил инерции первого и второго порядка.

2.2. Модуль 2. Конструкция двигателей тракторов и автомобилей

2.2.1. Содержание модуля 2.

Тема 2.1. Двигатели: системы и механизмы.

Типы механизмов. Проходное сечение клапана, понятие время-сечение. Изменение показателей работы газораспределения в процессе эксплуатации.

Способы очистки и охлаждения масла. Определение необходимого давления в смазочной системе. Эксплуатационные факторы, влияющие на смазывание Деталей двигателя. Влияние способов охлаждения на работу двигателя. Эксплуатационные факторы, влияющие. На теплонапряженность двигателя.

Система пуска. Пусковая частота вращения. Момент сопротивления проворачиванию коленчатого вала двигателя при пуске в различных условиях эксплуатации. Выбор типа и характеристик пусковых устройств. Средства облегчения пуска двигателя.

Тема 2.2. Электрооборудование тракторов и автомобилей.

Общие требования к электрооборудованию тракторов и автомобилей. Системы электроснабжения, условия работы и основные требования к этим системам. Аккумуляторные батареи и генераторные установки. Электростартеры и устройства для облегчения пуска двигателя при низких температурах. Системы зажигания. Электронные системы управления двигателем. Системы освещения и сигнализации. Автотракторный электропривод.

2.2.2. Методические указания по изучению модуля 2.

При изучении механизма газораспределения обратите внимание на взаимодействие кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов. Уясните сущность газораспределения и оптимальность опережения открытия и запаздывания закрытия клапанов в зависимости от режима двигателя. Ознакомьтесь с устройством и действием механизма с нижнем и верхнем расположением кулачкового вала, возможность применения трех и четырех клапанных головок цилиндров с целью

повышения эффективности газообмена.

Во всех тракторных и автомобильных двигателях применяется комбинированная система смазки трущихся деталей, предназначенной для уменьшения трения, отвода абразивных частичек и теплоты из зоны трения, защиты деталей от коррозии. Студенты должны уметь разобраться в схеме соединений элементов смазочной системы, знать назначение и работу всех клапанов в системе, их регулировки. Необходимо знать применяемые способы очистки масел, эксплуатационные свойства которых оказывают существенное влияние на мощностные, экономические и износные показатели ДВС.

Рассматривая тепловой баланс поршневого двигателя, можно отметить, что в систему охлаждения должно быть отведено от 25 до 35% скрытой теплоты топлива. При этом для каждого режима работы двигателя необходимо обеспечить оптимальную интенсивность его охлаждения. Назначение системы охлаждения – поддержание постоянного температурного состояния деталей двигателя при рабочих режимах, обеспечение быстрого прогрева двигателя, подача теплоносителя в отопительную систему кабины. Необходимо разобраться в устройстве жидкостной системы охлаждения, рассмотрев движение жидкости по малому и большому замкнутому кругу, обратить внимание на способы создания локальной интенсивности охлаждения деталей, работающих при различных условиях нагрева. Изучая воздушную систему охлаждения обратите внимание на устройство равномерного обдува ребер цилиндров и головок цилиндров, систему дефлекторов, специфичность устройства осевого вентилятора с направляющим аппаратом и тепловым (сезонным) регулятором расхода воздуха.

Составными частями электрооборудования машин являются: аккумуляторные батареи, генераторные установки, потребители электроэнергии различного устройства и назначения, контрольно-измерительные приборы. Изучая данную тему необходимо предварительно ознакомиться с основами электротехники, изучить принцип работы таких элементов электронной техники, как: диод, транзистор, стабилитрон, функциональные устройства на интегральных микросхемах. Необходимо знать устройство и особенности эксплуатации бесконтактных генераторов и реле-регуляторов. При изучении систем электрического зажигания рабочей смеси в бензиновых и газовых двигателях следует уяснить понятие пробивного напряжения, значение которого зависит от фактической степени сжатия, расстоянием между электродами свечи, качества и температуры рабочей смеси. Современные тракторы и автомобили оборудуются высокоэффективными системами освещения, световой и звуковой сигнализации, контрольно-измерительными приборами. Необходимо познакомиться с особенностями и тенденциями развития конструкции перечисленных устройств, возможными их неисправностями и техническим уходом.

2.2.3. Вопросы для самоконтроля

1. Что называют оптимальными фазами газораспределения и от чего они зависят?
2. Декомпрессионный механизм его устройство и работа.
3. Как осуществляются процессы газообмена в двухтактных двигателях?
5. Как обеспечивается подвод смазки к коренным и шатунным шейкам коленчатого вала?
6. Каковы конструктивные особенности поршневых колец современных дизелей и какие предусматриваются конструктивные мероприятия для увеличения их долговечности?
7. Из каких соображений выбирается форма камеры сгорания у бензиновых двигателей и дизелей?
8. Какие требования предъявляются к моторным маслам?
9. Каким должен быть оптимальный тепловой режим системы охлаждения двигателя?
10. Каковы особенности устройства элементов жидкостной и воздушной систем охлаждения двигателей?
11. Каковы особенности устройства пусковых двигателей?
12. Объясните принцип действия свинцовой аккумуляторной батареи. Какие химические реакции происходят при заряде и разрядке?
13. какие типы генераторов применяются на тракторах и автомобилях?
14. Каковы особенности устройства систем электрического пуска у дизелей и бензиновых двигателей?

2.2.4. Задания для самостоятельной работы

1. Назовите основные группы газораспределительного механизма и приведите особенности их устройства.
2. Назовите типы механизмов газораспределения, их основные детали, материалы.
3. Приведите принципиальную схему смазочной системы.
4. Приведите схему устройства предпусковой прокачки масла.
5. Приведите схему и объясните преимущества бесконтактной системы зажигания.

2.3. Модуль 3. Конструкция тракторов и автомобилей

2.3.1. Содержание модуля 3.

Тема 3.1. Трансмиссия.

Схемы трансмиссий, основные механизмы, их назначение. Ступенчатые и бесступенчатые типы трансмиссий. Механическая ступенчатая трансмиссия. Особенности трансмиссии современных гусеничных и колесных тракторов и автомобилей, трансмиссии полноприводных колесных машин.

Сцепление. Типы сцеплений и их сравнительная оценка. Принцип действия фрикционного сцепления и основные его показатели. Классификация. Конструкция сцеплений. Гасители крутильных колебаний. Привод управления сцепления, сервомеханизмы. Коробки передач. Назначение. Классификация и конструкция коробок передач тракторов и автомобилей. Условия работы и материалы деталей коробки передач. Тракторные коробки передач с переключением на ходу. Увеличители крутящего момента. Раздаточные коробки. Ходоуменьшители. Автоматические бесступенчатые трансмиссии; гидромеханические, гидрообъемные, электрические. Техническое обслуживание коробок передач, регулировки. Неисправности и их устранение.

Промежуточные соединения и карданные передачи. Назначение, типы и конструкция промежуточных соединений, карданных передач. Правила монтажа карданных передач. Техническое обслуживание, неисправности и их устранение.

Ведущие мосты. Назначение ведущих мостов. Основные элементы ведущих мостов. Назначение и типы главных передач. Конструкция и регулировки главных передач тракторов и автомобилей. Назначение, типы дифференциалов, устройство и принцип их работы. Свойства дифференциалов, устройство и принцип их работы. Блокировка дифференциала. Типы полуосей. Типы, конструкция и регулировки конечных передач.

Конструкция передних ведущих мостов. Карданные шарниры равных угловых скоростей. Регулировка подшипников ступиц колес. Техническое обслуживание механизмов ведущих мостов, неисправности и их устранение.

Тема 3.2. Остов и ходовая часть.

Назначение остова, ходовой части трактора и автомобиля. Конструкция остова и ходовой части.

Ходовая часть колесных тракторов. Классификация. Основные элементы. Ведущие и направляющие колеса. Типы шин, их обозначение и устройство. Приспособление и устройства, повышающие тягово-сцепные свойства трактора. Передняя ось. Изменение колеи, базы и дорожного просвета ведущих и направляющих колес. Подвеска остова колесных тракторов.

Ходовая часть гусеничных тракторов. Назначение, принцип действия. Классификация. Основные элементы конструкции. Типы подвесок остова, их работа. Натяжные устройства гусеничной цепи. Техническое обслуживание ходовой части. Особенности ходовой части крутосклонных тракторов. Ходовая часть автомобиля. Влияние условий работы автомобиля на устройство его ходовой части. Классификация автомобилей по числу колес и их расположению. Основные элементы и детали ходовой части и подвески автомобилей. Амортизаторы и их работа. Типы колес. Регулировка подшипников колес. Пневматические шины автомобилей. Бескамерные шины. Шины типа P и PC, их преимущества и недостатки. Способы закрепления

шин на ободах колес. Давление воздуха в шинах. Централизованная подкачка шин. Техническое обслуживание ходовой части.

Тема 3.3. Управление трактором и автомобилем.

Рулевое управление колесных тракторов и автомобилей. Способы поворота колесного трактора и автомобиля. Назначение рулевого управления. Передняя ось, поворотные цапфы. Рулевая трапеция. Конструкция рулевых механизмов и приводов. Развал и схождение направляющих колес. Наклонные шкворней. Усилители рулевого управления. Наименьший радиус поворота. Регулировка рулевого механизма.

Механизмы поворота тракторов с шарнирной рамой. Неисправности и их устранение. Техническое обслуживание рулевого управления.

Управление поворотом гусеничных тракторов. Особенности поворота гусеничного трактора и механизмы поворота. Устройство и действие механизма поворота. Планетарные механизмы поворота. Тормоза. Передаточные детали. Усилители, Регулировка работы двигателей. Техническое обслуживание и регулировки механизма поворота гусеничных тракторов. Их неисправности. Понятие о системах автоматического вождения трактора.

Тормозные системы тракторов и автомобилей. Назначение. Типы тормозов. Усилители. Устройства, повышающие надежность действия тормозных систем. Антиблокирующие устройства. Устройство тормозных систем тракторов, автомобилей и прицепов. Устройство и работа деталей тормозных систем. Уход за тормозами и регулировки.

Тема 3.4. Рабочее оборудование тракторов и автомобилей.

Рабочее оборудование трактора. Механизмы навески. Назначение. Типы и схемы навески машин. Устройство. Двух- и трехточечная настройка механизма навески. Регулировка положения навесной машины. Прицепные устройства. Типы. Регулирование точки прицепа. Автосцепка. Дополнительный отбор мощности. Способы осуществления дополнительного отбора мощности. Синхронный и несинхронный привод. Зависимый, полузависимый и независимый привод ВОМ. Конструкция механизмов привода ВОМ. Приводной шкив. Его конструкция и установка на тракторе. Регулировки и техническое обслуживание привода.

Рабочее оборудование автомобиля Буксирный крюк. Приводная лебедка. Назначение, конструкция. Платформа грузового автомобиля. Седельное устройство. Техническое обслуживание.

Тема 3.5. Гидравлическое оборудование тракторов и автомобилей

Гидравлическое оборудование тракторов. Назначение. Виды систем гидрооборудования. Гидравлическая система управления механизмом навески. Основные части. Компоновка на тракторе. Классификация. Принцип действия и устройство гидронасосов, гидрораспределителей, силовых

цилиндров. Баки, фильтры, трубопроводы, соединительные и разрывные муфты. Работа гидронавесной системы. Неисправности. Регулировки, техническое обслуживание и обкатка гидронавесной системы.

Способы регулирования глубины обработки почвы. Гидравлические догружатели ведущих колес. Назначение, схема. Конструкция и действие. Управление гидросистемой при работе с догружателем. Неисправности, техническое обслуживание. Позиционно-силовой регулятор. Назначение, устройство, действие. Управление гидросистемой при работе с регулятором. *Гидравлические системы управления поворотом машин.* Гидроусилители рулевого управления колесными машинами. Назначение и классификация. Принцип действия, конструкция. Неисправности, регулировки, техническое обслуживание.

Сервомеханизмы управления поворотом гусеничных машин. Гидравлические системы управления трансмиссией. Гидравлическая система переключения передач без разрыва потока мощности. Принцип действия, конструкция, работа. Регулировки. Гидроблокировка дифференциала ведущих колес. Гидравлическая схема управления ВОМ.

Гидравлическая система подъема платформы автомобиля-самосвала Конструкция, действие. Регулировки. Техника безопасности при работе.

Тема 3.6. Вспомогательное и дополнительное оборудование.

Кабина. Рабочее место водителя. Требования по условиям труда, обзорности, шумности, вибрациям, загазованности.

Органы управления и контроля. Подвеска сиденья. Кондиционеры и другие устройства, обеспечивающие санитарно-гигиенические требования. Другие конструктивные мероприятия по улучшению условий работы трактора.

Техника безопасности при управлении тракторами и автомобилями.

Охрана труда водителя и противопожарные мероприятия при работе на тракторах, автомобилях и самоходных машинах. Техника безопасности при проведении лабораторно-практических занятий и техническом обслуживании машин.

2.3.2. Методические указания по изучению модуля 3.

Трансмиссии современных тракторов и автомобилей служат для передачи и регулирования крутящего момента от двигателя к движителю или к активным рабочим органам машины. По способу изменения крутящего момента трансмиссии разделяются на ступенчатые, бесступенчатые и комбинированные. По виду энергии, используемой для преобразования крутящего момента двигателя, трансмиссии называют механическими, гидравлическими, гидромеханическими и электромеханическими. Необходимо хорошо представлять конструктивные особенности трансмиссий современных гусеничных и колесных тракторов и автомобилей.

Основными элементами ходовой части являются: остов – основание машины, связывающее все ее части в единое целое; движитель и подвеска –

устройство соединения остова с двигателем. Изучая ходовую часть колесных тракторов, необходимо подробно остановиться на устройстве дисковых колес с трех и двухкомпонентным ободом, устройстве пневматических камер и бескамерных шин с диагональным и радиальным кордом. Необходимо подробно разобраться во всех типах шин, их обозначениях и маркировках. Следует уделить внимание конструкциям подвесок тракторов и автомобилей, устройству рессор и амортизаторов. Необходимо обратить внимание на особенности конструкции ходовой части автомобилей повышенной проходимости. При изучении ходовой части гусеничных тракторов следует обратить внимание на положительные качества гусеничного двигателя – возможность получения больших тяговых усилий по сравнению с колесным двигателем при меньшем уплотняющем воздействии на почву.

К механизмам управления трактором или автомобилем относят: механизм изменения направления движения машины, задатчик скорости трактора или автомобиля, тормозная система. Усвоив назначение рулевого управления колесных тракторов и автомобилей, необходимо ознакомиться с назначением и устройством его основных частей, обратив внимание на кинематику поворота без скольжения колес. Необходимо знать как подсчитывается теоретический радиус поворота внутреннего и внешнего колеса при различных схемах лесу, как производится установка и регулирование управляемых колес. На тракторах с шарнирно-сочлененной рамой поворот осуществляется за счет взаимного изменения положения полурам трактора с помощью силовых гидроцилиндров. Необходимо рассмотреть устройство механической части и гидроусилителя рулевого управления. Следует обратить внимание на устройство стабилизации движения трактора за счет взаимодействия клапана расхода и тяги обратной связи. Особенность поворота гусеничных машин является необходимость отключения той гусеницы, в сторону которой происходит поворот. При крутом повороте отключенная гусеница затормаживается. Приступая к изучению тормозных систем тракторов и автомобилей, необходимо усвоить вытекающие из условий эксплуатации машин чрезвычайно высокие требования к эффективности тормозной системы. Рекомендуется проработать теоретические положения об определении таких оценочных показателей тормозных качеств тракторов и автомобилей, как максимальный тормозной путь и минимальное замедление, их зависимость от начальной скорости торможения.

К основным устройствам рабочего оборудования трактора относятся механизмы навески, система гидравлического управления механизмами, прицепные устройства и крюки, валы отбора мощности (ВОМ). Рекомендуется обратить внимание на конструкцию прицепного устройства для буксировки, позволяющего регулировать точку присоединения машин и тележек к трактору. В связи с широким применением активных рабочих органов у комбинированных агрегатов возрастает значение механизмов отбора мощности. К рабочему оборудованию автомобилей относятся

буксирные крюки, приводные лебедки, седельное сцепное устройство.

В гидравлическое оборудование тракторов входит гидравлическая навесная система и усилители механизмов управления. Гидравлическая навесная система предназначена для управления навесными, полунавесными, гидрофицированными прицепными сельскохозяйственными машинами и орудиями, агрегатируемыми с трактором. Изучая устройство гидравлической навесной системы, следует уделить внимание управлению навесной машиной при её подъеме, опускании, фиксации в определённом положении, регулированию глубины хода рабочих органов машины. Необходимо уделить большое внимание изучению устройства и работы регуляторов глубины обработки почвы.

2.3.3. Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные функции трансмиссии?
2. В чем заключается работа гидроподжимных муфт?
3. Каково устройство карданных шарниров и карданных муфт?
4. Из каких элементов состоит ходовая часть колесного трактора?
5. Из каких элементов состоит ходовая часть автомобиля?
6. Как устроена независимая подвеска?
7. С какой целью и каким образом изменяется агротехнический просвет и ширина колеи передних и задних колес трактора?
8. Как определяют кинематические параметры поворота?
9. Как производится установка управляемых колес автомобилей и тракторов?
10. Каковы особенности поворота гусеничного трактора?
11. Каково устройство механизма поворота тракторов с шарнирно-сечленённой рамой?
12. Как подсчитывается тормозной путь и замедление автомобиля?
Каковы преимущества независимого привода ВОМ?

2.3.4. Задания для самостоятельной работы

1. Приведите кинематическую схему трансмиссии колесного или гусеничного трактора.
2. Приведите классификацию коробок передач по различным признакам.
3. Приведите кинематическую схему ведущего моста гусеничного трактора с механизмом поворота.
4. Приведите типы пневматических шин, их обозначения и маркировку.
5. Назовите способы повышения тягово-сцепных качеств тракторов и автомобилей.
6. Опишите устройство и работу гидрообъемного рулевого управления.
7. Приведите обоснование необходимости применения автоматического вождения трактора.
8. Приведите схему тормозной системы тракторов "Беларус-1221/1523".
9. Приведите схему основной тормозной системы автомобиля КамАЗ.

10. Перечислите все устройства рабочего оборудования тракторов.
11. Опишите устройство ходоуменьшителя.

2.4. Модуль 4. Основы теории тракторов и автомобилей

2.4.1. Содержание модуля 4.

Тема 4.1. Работа тракторных и автомобильных двигателей.

Физико-механические свойства почвы и шины. Влияние их на эксплуатационно-технологические показатели машины. Качение ведомого колеса. Коэффициент сопротивления качению. Работа ведущего колеса. Сцепление, буксование, КПД. Работа гусеничного двигателя. Кинематика, Силы, действующие в гусенице, КПД.

Тема 4.2. Тяговый и энергетический баланс и тяговая динамика трактора и автомобиля.

Внешние силы, действующие на трактор. Уравнение тягового баланса. Нормальные реакции почвы на колеса трактора в агрегате с прицепной и навесной машиной. Тяговый баланс гусеничного трактора. Центр давления. Коэффициент использования веса трактора. Требования к энергетической установке трактора. Уравнение энергетического баланса и потенциальная тяговая характеристика трактора. Тяговый КПД трактора. Номинальное тяговое усилие. Тяговый расчет трактора и расчет теоретической тяговой характеристики трактора.

Классификация колебаний в тракторах. Предмет изучения тяговой динамики трактора. Взаимосвязь низкочастотных динамических процессов в тракторе. Влияние колебаний на показатели работы двигателя и трактора. Тяговый КПД, динамические составляющие энергетического баланса.

Тема 4.3. Проходимость, плавность хода и тормозная динамика автомобиля

Показатели торможения. Уравнение движения машины при торможении. Блокировка колес. Регулирование тормозных сил. Устойчивость автомобиля при торможении. Тормозной путь. Способы торможения. Экстренное торможение. Торможение двигателем.

Проходимость. Профильная, опорно-сцепная агротехническая. Показатели проходимости. Проходимость машин с задними и передними ведущими колесами. Тяговые свойства полноприводных машин. Роль дифференциала. Влияние на проходимость конструктивных параметров машин и эксплуатационных факторов.

Плавность хода. Влияние колебаний на человека. Показатели, Взаимосвязь колебаний остова и колебаний подвески. Динамическая и расчетная схема автомобиля и гусеничного трактора как динамической системы. Свободные и вынужденные колебания. Гашение колебаний. Анализ плавности хода автомобиля и трактора.

Тема 4.4. Устойчивость и управляемость трактора и автомобиля

Статическая устойчивость машин. Устойчивость продольная и поперечная, от опрокидывания и от сползания. Поперечная устойчивость на повороте, устойчивость от заноса. Влияние, на устойчивость конструктивных и эксплуатационных факторов. Управляемость. Способы поворота. Кинематика поворота. Поворачивающий момент. Управляемость машин с передними и с задними ведущими колесами. Влияние боковой упругости шин на управляемость. Стабилизация управляемых колес. Поворот гусеничной машины. Кинематика. Поворот машин с двух поточной трансмиссией. Силы, действующие при повороте. Момент сопротивления и поворачивающий момент.

2.4.2. Методические указания по изучению модуля 4

Для успешного изучения динамических и экономических показателей тракторов и автомобилей необходимо прежде всего уяснить понятия о нагрузочной и скоростной характеристиках двигателя. При этом особенно важно усвоить из нагрузочной характеристики необходимость увеличения крутящего момента двигателя при перегрузках трактора, понятия и практическое значение коэффициентов приспособляемости двигателя по крутящему моменту и частоте вращения коленчатого вала. Зная из нагрузочной и скоростной характеристик двигателя значение крутящего момента, уяснить его связь с ведущим моментом и преобразование этого момента в движущую силу трактора. Усвоить разницу (по величине и значению) между толкающей силой и касательной силой тяги, а также разницу между максимальной касательной силой тяги по сцеплению с почвой и силой тяги по значению максимального крутящего момента двигателя. Зная касательную силу тяги, уяснить возможные потери на преодоление сил сопротивления: качения, подъема, сил инерции поступательно-движущихся и вращающихся масс, сопротивления воздуха, а также тяговое усилие, необходимое для преодоления сопротивления прицепных или навесных машин и прицепов.

Для обобщения всех сил сопротивлений и силы тяги составить уравнение тягового баланса в общем виде, из которого можно получить дифференциальное уравнение движения. Обратит особое внимание на составляющие тягового баланса и их зависимость от конструктивных особенностей ходовой части и эксплуатационных условий работы.

Динамика колесных тракторов и автомобилей в процессе эксплуатации зависит от физико-механических свойств почвы (дороги), типа и конструкции ходовых органов. Поэтому при изучении данного вопроса важно уяснить основные понятия о физико-механических свойствах почвы и особенностях пневматических шин, обратив внимание на непостоянство состояния почвы и шин в процессе выполнения сельскохозяйственных и транспортных работ. Зная условия работы, необходимо изучить взаимодействие почвы (дороги) с пневматическими шинами ведомых и ведущих колес. При этом следует уяснить: внешние силы и реакции почвы, действующие на ведомые и ведущие колеса; понятия о буксовании и скольжении колес; значения и зависимость коэффициентов: сопротивления

качению, буксования, использования сцепной массы и коэффициентов нагрузки передних и задних колес.

При использовании колесных тракторов с навесными машинами происходит перераспределение массы на задние и передние колеса и соответственно изменяются нормальные реакции почвы на колеса, поэтому важно знать не только значения реакций почвы на колеса, но и методы корректировки нагрузки на опорные колеса навесного агрегата в соответствии с условиями работы и нагрузкой на колеса трактора.

Гусеничный трактор имеет ряд преимуществ по сравнению с колесным:

- высокую проходимость на влажных почвах и почвах с раздельнозернистым строением;
- сравнительно малое буксование движителей и более высокий тяговый к. п. д. трактора.

Кроме того, у гусеничных тракторов среднее удельное давление на почву меньше по сравнению с колесными тракторами.

Изучая динамику гусеничных тракторов, следует особое внимание уделить анализу сил, нагружающих различные участки гусеничных цепей, зависимости смещения положения центра давления от тяговой нагрузки трактора. Положение центра давления определяется точкой приложения результирующей нормальных реакций почвы и обуславливает форму эпюры распределения давлений по длине опорной поверхности гусеницы. При этом следует установить допустимые пределы смещения центра давления и влияние его на тяговые свойства трактора и износ гусеничного механизма.

Изучение тяговой динамики трактора следует начать с его мощностного баланса. Составив уравнение мощностного баланса, надо подробно рассмотреть составляющие этого уравнения и их изменения в зависимости от условий работы.

Для построения теоретической тяговой характеристики трактора необходимо предварительно выполнить тяговый расчет: определить тяговый диапазон, массу трактора, передаточные числа трансмиссии, рабочие и транспортные скорости трактора и номинальную мощность двигателя.

Пользуясь графоаналитическим методом построения теоретической тяговой характеристики, вычертить график зависимости: буксования движителей, скоростей движения, тяговых мощностей на разных передачах, расхода топлива и тягового к. п. д. трактора от силы тяги на крюке при установившемся движении на горизонтальном участке. Установить по графику зависимость изменения тягово-экономических показателей трактора и показателей двигателя от тяговой нагрузки.

Учитывая конструктивные особенности колесных тракторов с четырьмя ведущими колесами по сравнению с тракторами, у которых только задние ведущие колеса, уяснить, почему при наличии 4-х ведущих колес трактор имеет лучшие тяговые и экономические показатели, более высокую проходимость и меньшую удельную массу, приходящуюся па единицу тяговой мощности.

При трогании трактора с места на любой из передач, например, с груженым прицепом или навесной машиной в рабочем состоянии, требуется избыточная сила тяги на движителях для преодоления сопротивления сил инерции. Для трогания трактора с места и сообщения ему оптимальной, скорости необходима муфта сцепления, позволяющая производить разгон тракторного агрегата и увеличение угловой скорости первичного вала коробки передач трактора. Чтобы уяснить этот вопрос, необходимо изучить теоретическую диаграмму изменения угловых скоростей и моментов ведущей и ведомой частей муфты сцепления при разгоне тракторного агрегата, осуществляемом в два периода: с буксующей муфтой и по окончании буксования. Следует учесть, что процесс разгона может оказаться затруднительным, двигатель из-за перегрузки может глохнуть, поэтому следует уяснить причины остановки двигателя и мероприятия по их устранению.

Для оценки эксплуатационных качеств трактора и составления научно обоснованных нормативных материалов необходимо иметь эксплуатационные тяговые характеристики трактора. С этой целью следует изучить: методику снятия тяговых характеристик, оборудование и приборы, применяемые при испытаниях, обработку данных испытаний, а также и выполнение графика тяговой характеристики трактора.

Необходимо уяснить уравнение тягового баланса автомобиля и рассчитать его основные показатели (мощность двигателя, передаточные числа, скорости). Зная тяговый баланс и параметры автомобиля, определить динамический фактор на разных передачах в зависимости от скоростного режима. Для выявления характеристики динамических качеств автомобиля построить график зависимости динамического фактора ненагруженного автомобиля от скорости движения на разных передачах, а затем путем дополнительных построений преобразовать ее в универсальную характеристику, позволяющую находить величину динамического фактора для любой загрузки груженого автомобиля. Зная динамическую характеристику автомобиля, проанализировать его динамические качества: скорость движения на разных передачах, максимальные углы подъема, ускорение при разгоне, максимально возможные скорости, скорости при переходе с одной передачи на другую, максимальное значение динамического фактора от низшей до высшей передач.

В эксплуатационных условиях исключительно важное практическое значение имеют приемистость и тормозные качества автомобиля, поэтому при изучении этих вопросов необходимо установить взаимосвязь разгона и торможения от величины ускорения (замедления), пути и времени разгона и торможения. Обратить внимание на способы торможения и их эффективность. Для определения топливной экономичности автомобиля строится график экономической характеристики. Необходимо из графика уяснить зону минимальных расходов топлива на 100 км пути, участки повышенных расходов топлива и причины таких

расходов. Выявить экономические скорости движения автомобиля в разных дорожных условиях.

Кинематика и динамика колесных тракторов и автомобилей при повороте в основном зависят от конструкции органов управления, вида и состояния почвы или дороги, скорости движения при повороте и т. п. Поэтому для изучения управляемости колесных машин необходимо знать установку и положение управляемых колес во время поворота, минимальный радиус поворота, силы и моменты, действующие на управляемые колеса, а также средства обеспечения стабилизации управляемых колес.

В процессе эксплуатации колесных тракторов и автомобилей широкое применение находят авто- и тракторопоезда, кинематика которых отличается от одиночных машин, поэтому необходимо для характеристики поворотливости поезда изучить кинематику его поворота и уяснить относительный сдвиг траектории прицепа при повороте.

При изучении поворота гусеничных тракторов следует усвоить кинематику поворота трактора и зависимость ее от конструктивных особенностей механизмов поворота. Затем с учетом сил сопротивления повороту уяснить динамику поворота гусеничного трактора. Для этого следует определить величину момента сопротивления повороту без прицепа и с прицепом. Для преодоления результирующего момента сопротивления повороту определить поворачивающий момент с учетом конструктивных особенностей механизмов поворота.

Оценить возможности поворота гусеничного трактора по номинальной мощности двигателя и по сцеплению трактора с почвой.

Устойчивость трактора и автомобиля зависит от положения центра тяжести, величины продольной базы, ширины колеи трактора или автомобиля, степени разгрузки передних колес, вида и состояния почвы или дороги. Поэтому при изучении продольной устойчивости в статическом состоянии надо установить зависимость между углами подъема и уклона и координатами центра тяжести без учета и с учетом сползания. При движении машины с нагрузкой основным критерием продольной устойчивости является степень разгрузки передних колес и потеря управляемости.

Следует учесть, что продольная устойчивость гусеничных тракторов оценивается положением центра давления трактора, поэтому необходимо установить возможные пределы смещения центра давления на подъем и уклон местности.

Поперечная устойчивость колесных и гусеничных машин с разными типами ходовых устройств изучается в их заторможенном состоянии на опрокидывание и сползание. Для колесных машин на поперечную устойчивость существенное влияние оказывают инерционные силы при криволинейном движении. Поэтому следует уяснить действие результирующей центробежной силы и ее составляющих при установившемся движении на повороте; определить максимально допустимую скорость для различных поперечных уклонов дороги и разных радиусов поворота.

Поперечная устойчивость колесных машин также может быть нарушена из-за недостаточного сцепления колес с дорогой, вследствие чего возникает произвольный поперечный поворот машины, называемый заносом. Следует уяснить причины заноса, определение величины боковой реакции и влияние касательной силы тяги или тормозного усилия на занос машины.

Так как положение центра тяжести оказывает существенное влияние на тяговые качества и устойчивость тракторов и автомобилей, необходимо уяснить методы определения координат центра тяжести в продольно-вертикальной и поперечной плоскостях и установить зависимость этих координат от конструктивных параметров машины.

Проходимость тракторов и автомобилей для сельскохозяйственных производственных условий имеет исключительно важное значение. Транспортировка различных грузов по плохим дорогам и бездорожью, выполнение полевых сельскохозяйственных работ в ранние весенние и поздние осенние сроки при повышенной влажности почвы и т. п. сильно затрудняются из-за плохой проходимости тракторов и автомобилей. Изучая вопрос проходимости, уяснить параметры проходимости тракторов и автомобилей, средства, применяемые для улучшения проходимости машин, обратив особое внимание на повышение сцепных качеств колесных тракторов и автомобилей: на проходимость тракторов в междурядьях пропашных культур и проходимость тракторов и автомобилей в условиях заболоченных дорог, сыпучих песков и глубоких снежных покровов.

Плавность хода в эксплуатационных условиях сельского хозяйства является исключительно важным свойством машин. От плавности хода тракторов и автомобилей зависят производительность труда, стоимость перевозимых грузов, обслуживание машинно-тракторного парка и т. п. Изучение причин, по которым ухудшается плавность хода, их действие и меры по улучшению плавности хода, должны составить основное содержание изучаемого материала. При изучении вопросов плавности хода тракторов и автомобилей уяснить основные сведения о колебаниях машин, гашении колебаний и измерителях плавности хода.

Износостойкость и надежность тракторов и автомобилей зависят от условий работы отдельных узлов и агрегатов. Поэтому при расчете деталей необходимо учитывать их нагрузочные режимы. Для этого нужно уметь определять действующие силы, моменты сил и возникающие при этом напряжения. Владея методами определения сил и напряжений в узлах и деталях машин, можно установить причины износов и поломок деталей, а также правильно разрешать вопросы выбора материалов, необходимых при ремонте и техническом обслуживании машин.

Основные детали трансмиссий тракторов и автомобилей рассчитываются на прочность с учетом возможных максимальных перегрузок и на выносливость (усталостную долговечность) от многократно действующих циклических нагрузок.

Наиболее нагруженным режимом работы тракторов и автомобилей является режим трогания с места при резком включении муфты сцепления, поэтому этот режим следует принимать за основу при расчете на прочность деталей трансмиссии.

Подшипники качения подбираются с учетом величины и характера нагрузки, частоты вращения кольца и расчетной долговечности подшипника.

Задние ведущие мосты тракторов и автомобилей представляют собой сложные агрегаты, состоящие из центральной передачи (главной у автомобиля), механизмов поворота, блокировочных устройств, полуосей и конечных передач. Учитывая специфику работы каждого механизма, следует уделить особое внимание расчету дифференциала, муфтам поворота, полуосям и планетарным механизмам.

2.4.3 Вопросы для самоконтроля

1. Как определить в полевых условиях силу сопротивления качению?
2. Написать формулу сопротивления воздуха и определить размерность коэффициента сопротивления воздуха.
4. Коэффициент учета вращающихся масс и его зависимость от величины моментов инерции вращающихся масс, передаточных чисел, массы и радиуса качения колес.
5. Какова связь между внешними нагрузками и внутренними силами сопротивления почвы?
6. Что называется коэффициентом сопротивления качению и как он определяется?
7. Что называется буксованием и коэффициентом полезного действия, учитывающим потери на буксование?
8. Что называется коэффициентом использования сцепной массы машины и его определение?
9. Что называется коэффициентом нагрузки передних и задних колес и их значение при статическом положении машины?
10. Что такое центр давления, как он определяется и в каких пределах допускается его смещение?
11. Что такое тяговый к. п. д. трактора и как он подсчитывается?
12. Что называется удельной мощностью и ее влияние на рабочие скорости трактора?
13. Что называется тяговой характеристикой трактора?
14. Что такое динамический фактор автомобиля?
15. Как определяется мгновенный центр вращения колесной машины при повороте? Как при этом определяются минимальный радиус поворота и углы поворота управляемых колес?
16. Какие силы и моменты сопротивления действуют при повороте на гусеничный трактор?
17. Как определяются предельные углы подъема и уклона местности, при которых сохраняется продольная устойчивость неподвижно стоящих машин против опрокидывания и сползания?

18. Что понимается под проходимостью тракторов и автомобилей?
19. Каким требованиям должен отвечать колесный универсально-пропашной трактор по проходимости в междурядьях пропашных культур?
20. Что понимается под плавностью хода машин?
21. Что называется удельной работой буксования муфты сцепления и как она определяется?

2.4.4.Задания для самостоятельной работы

1. Вычертить от руки примерное протекание скоростной и нагрузочной характеристик двигателя.
2. Вычертить кинематическую схему трансмиссии, служащую для передачи вращения от вала двигателя к ведущим органам трактора или автомобиля, и установить изменения величины и направления передаваемого крутящего момента.
3. Составить уравнение тягового баланса трактора и определить его составляющие.
4. Вычертить схемы сил, реакций почвы и моментов, действующих на ведомое и ведущее колеса.
5. Изобразите схему сил, действующих в гусеничном движителе.
6. Построить эпюру давлений на гусеницы с эластичным гусеничным механизмом и ее формы в зависимости от тяговой силы трактора.
7. Составьте в общем виде уравнение мощностного баланса трактора и проанализируйте влияние его составляющих на тяговую мощность.
8. Построить универсальную динамическую характеристику автомобиля и показать на примере ее использование.

Раздел 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЁ ВЫПОЛНЕНИЮ

3.1. Общие указания по выполнению курсовой работы

Курсовая работа выполняется на тему «Определение эксплуатационных показателей трактора». При выполнении работы проводятся следующие расчеты:

- расчет основных параметров трактора,
- расчет и построение регуляторной характеристики двигателя,
- расчет и построение теоретической тяговой характеристики трактора,
- анализ изменения эксплуатационных показателей трактора.

Пояснительная записка курсовой работы выполняется на листах формата А4 и включает в себя следующие разделы:

- введение,
- тяговый расчет трактора,
- расчет и построение регуляторной характеристики дизеля,
- расчет и построение теоретической тяговой характеристики трактора,
- заключение.

Графическая часть выполняется на двух листах чертежной или миллиметровой бумаги формата А1. На первом листе размещаются скоростная регуляторная и нагрузочная характеристики дизеля. На втором листе выполняется теоретическая тяговая характеристика трактора.

3.2. Задания для курсовой работы

Исходные данные для выполнения курсовой работы определяются по сумме двух последних цифр шифра из таблицы 3.1.

Таблица 3.1 - Исходные данные для выполнения курсового проекта

Сумма двух последних цифр шифра	Прототип трактора	Номинальная сила тяги, кН, P_n	Фон поля	Число основных передач	Расчетная скорость движения на низкой раб. пер., км/ч, V_{Ne}	Максимальная транспортная скорость, км/ч, $V_{тр. max}$	Частота вращения кол. вала, мин ⁻¹ , n_e	Удельный расход топлива, г/кВт·ч, g_e
0	Т-30А	5,5	стерня	4	5,2	23	1950	245
1	МТЗ-100	14,5	грунтовая сухая дорога	5	9	34	2200	246
2	ДТ-75М	29	плотная залежь	4	5	11	1700	247
3	Т-150К	29,5	залежь 2-3 лет	4	8	30	2100	248
4	ЛТЗ-55А	8,5	вспаханное поле	4	5	29	2000	249
5	ЛТЗ-155	20	поле подготовлен. под посев	4	4	34	2050	250
6	Т-30А	5,4	скошенный луг, влажный	4	4,5	21	1900	245
7	МТЗ-100	13,5	слежавшаяся пахота	5	6	30	2150	246
8	ДТ-75М	30,5	песок	4	3	10	1800	247
9	Т-150К	29,8	стерня	4	7	32	1950	248
10	ЛТЗ-55А	9,3	грунтовая сухая дорога	4	6,5	31	1970	249
11	ЛТЗ-155	21	плотная залежь	4	5,5	32,5	1980	250
12	Т-30А	6,5	залежь 2-3 лет	4	5,9	22,5	1850	245
13	МТЗ-100	15	вспаханное поле	5	7,5	32,9	2080	246
14	ДТ-75М	31	поле подготовлен. под посев	4	4,8	10,9	1850	247
15	Т-150К	29,2	скошенный луг, влажный	4	7	32	2090	248
16	ЛТЗ-55А	8,8	слежавшаяся пахота	4	4,3	28,5	1920	249
17	ЛТЗ-155	20,5	песок	4	5,2	34,3	2010	245
18	МТЗ-100	13,8	стерня	5	8,3	33,7	2180	246

3.3. Методические указания по выполнению курсовой работы

Расчет тяговых показателей трактора производится с учетом назначения и места, занимаемого в типаже сельскохозяйственных тракторов. При этом должно учитываться выполнение всех основных видов работ данной зоны, соответствующих его тяговому классу и некоторой части работ, относящихся к тяговой зоне соседнего с ним предыдущего класса.

Для более полного и эффективного использования тяговых показателей трактора необходимо учитывать взаимосвязь его основных параметров — тяговое усилие, массу, мощность тракторного двигателя и основную рабочую

скорость.

3.3.1 Тяговый диапазон трактора

Тяговый диапазон трактора определяется по формуле:

$$\delta_T = \varepsilon \frac{P_H}{P'_H}, \quad (1)$$

где P_H и P'_H - соответственно номинальная сила тяги (по заданию) и сила тяги трактора предыдущего по типу классу;

ε - коэффициент расширения тяговой зоны трактора, рекомендуемый в среднем 1,3.

Для тракторов класса тяги 0,2...0,6 тяговый диапазон можно принять $\delta_T = 2$.

Зная тяговый диапазон и номинальную силу тяги трактора, можно определить его минимальную силу тяги из соотношения:

$$\delta_T = \frac{P_H}{P_{кр. \min}}, \quad \text{откуда} \quad P_{кр. \min} = \varepsilon \frac{P_H}{\delta_T}.$$

3.3.2 Масса трактора

Если трактор не имеет заправочных материалов, балласта и тракториста, то такая масса называется конструктивной (m_k). Полностью заправленный трактор с трактористом и балластом будет иметь массу эксплуатационную ($m_э$). Эксплуатационную массу колесного трактора можно определить из следующих условий:

$$P_{кр. \max} \leq \varphi_{\text{доп}} \cdot \lambda_k \cdot m_э \cdot g, \quad (2)$$

$$P_{кр. \max} \geq P_H + f \cdot m_э \cdot g,$$

$$\text{откуда} \quad \varphi_{\text{доп}} \cdot \lambda_k \cdot m_э \cdot g \geq P_H + f \cdot m_э \cdot g. \quad (3)$$

При условии равенства будем иметь:

$$m_э = \frac{P_H}{(\varphi_{\text{доп}} \cdot \lambda_k - f)g}, \text{ кг} \quad (4)$$

где P_H - номинальная сила тяги трактора по заданию, Н;

$\varphi_{\text{доп}}$ - допустимая величина коэффициента использования сцепного веса трактора; для колесных тракторов принимается 0,5...0,65; для

гусеничных - 0,55...0,65;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

λ_k - коэффициент нагрузки на ведущие колеса трактора, принимается для тракторов: с колесной схемой 4×2 $\lambda_k = 0,75-0,8$; для колесных 4×4 и гусеничных $\lambda_k = 1$;

f - коэффициент сопротивления качению.

Применительно к гусеничным тракторам и колесным со схемой 4×4 эксплуатационная масса $m_э$ может быть определена по формуле:

$$m_э = \frac{P_H}{(\varphi_{доп} - f)g}, \quad (5)$$

конструктивная масса:

$$m_k = m_э - (m_B + m_{ТСМ} + m_ч + m_б + m_{тр}), \quad (6)$$

где m_B - масса воды;

$m_{ТСМ}$ - масса топливо - смазочных материалов;

$m_ч$ - масса инструмента и запасных частей;

$m_б$ - масса балласта;

$m_{тр}$ - масса тракториста.

Для большинства сельскохозяйственных тракторов соотношение между эксплуатационной ($m_э$) и конструктивной (m_k) массами можно принять следующим:

$$m_э = (1,07 - 1,1)m_k,$$

3.3.3 Расчет номинальной мощности двигателя

Расчет номинальной мощности двигателя производится с учетом номинального тягового усилия трактора, силы сопротивления качению, массы трактора, потерь мощности на трение в трансмиссии и необходимого запаса мощности двигателя.

Учитывая вышеизложенное, номинальная мощность двигателя определяется по формуле:

$$N_{э.ном} = \frac{(P_H + f \cdot g \cdot m_э) V_{H1}}{3600 \cdot \eta_{тр} \cdot x_э}, \text{ кВт}, \quad (7)$$

где P_H и V_{H1} - соответственно номинальное тяговое усилие (Н) и расчетная скорость движения на низшей рабочей передаче при номинальной силе тяги, км/ч (по заданию);

$m_э$ - эксплуатационная масса трактора, кг;

$\eta_{тр}$ - КПД, учитывающий потери мощности в трансмиссии и определяемый по формуле:

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_{\text{ц}}^n \cdot \eta_{\text{к}}^{n_1} \cdot \eta_{\text{х}}, \quad (8)$$

где $\eta_{\text{ц}}$ и $\eta_{\text{к}}$ - соответственно КПД цилиндрической и конической пары шестерен. Принимаются равными $\eta_{\text{ц}} = 0,985$ и $\eta_{\text{к}} = 0,975$;

$\eta_{\text{х}}$ - КПД, учитывающий потери мощности на холостом ходу принимается $\eta_{\text{х}} = 0,96$;

n и n_1 - степенные показатели числа пар шестерен, работающих в трансмиссии на данной передаче;

x_3 - коэффициент эксплуатационной нагрузки тракторного двигателя, $x_3 = 0,85 \dots 0,95$

3.3.4 Расчет основных рабочих скоростей трактора

Для расчета ряда основных рабочих скоростей трактора определяется диапазон скоростей $\delta_{\text{в.осн}}$, который характеризуется отношением высшей рабочей скорости к скорости на первой передаче:

$$\delta_{\text{в.осн}} = \frac{V_z}{V_{H_1}}, \quad (9)$$

где V_{H_1} - расчетная скорость на первой передаче (по заданию) принимается в км/ч;

V_z - высшая рабочая скорость, которую необходимо определить (z - число основных скоростей).

Величина скоростного диапазона подсчитывается по формуле:

$$\delta_{\text{в.осн}} = \delta_{\text{т}} \cdot \gamma_{\text{доп.мин}}, \quad (10)$$

где $\gamma_{\text{доп.мин}}$ - коэффициент допустимой минимальной загрузки двигателя, рекомендуется принимать $\gamma_{\text{доп.мин}} = 0,85$;

$\delta_{\text{т}}$ - тяговый диапазон трактора.

Для расчета высшей и промежуточных скоростей необходимо определить знаменатель геометрической прогрессии - q .

$$\text{Зная, что } \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_2} = \dots = \frac{V_z}{V_{z-1}} = q, \text{ можно получить:}$$

$$V_2 = V_1 \cdot q; \quad V_3 = V_2 \cdot q = V_1 \cdot q^2; \quad V_4 = V_1 \cdot q^3 \quad \dots \quad V_z = V_1 \cdot q^{z-1}$$

Отсюда:

$$q = \sqrt[z-1]{\frac{V_z}{V_1}} = \sqrt[z-1]{\delta_{\text{в.осн}}}, \quad (11)$$

Определив знаменатель геометрической прогрессии, подсчитывают скорости $V_2, V_3, V_4, \dots V_z$

Высшая транспортная скорость в геометрическую прогрессию не входит. Промежуточную транспортную скорость определяют как среднюю геометрическую величину между высшей транспортной и высшей скоростью основного ряда по формуле:

$$V_{\text{тр}2} = \sqrt{V_{\text{тр max}} V_z} \quad \text{или}$$

$$V_{\text{тр}2} = 0,5(V_{\text{тр max}} + V_z). \quad (12)$$

Если предусматривается использование трактора для посадочных работ, тогда скорость его движения может быть определена по формуле:

$$V_{\text{пос}} = \frac{60l_{\text{гн}}x}{10^3}, \text{ км/ч} \quad (13)$$

где $l_{\text{гн}}$ - расстояние между посадочными гнездами, м;
 x - число растений, которые рабочий успевает подавать в машину за 1 минуту.

Для получения особо низких скоростей в трансмиссии трактора устанавливается специальный ходоуменьшитель. Величина этих скоростей принимается согласно технологическому процессу.

3.3.5 Расчет передаточных чисел трансмиссии и коробки передач

Передаточное число трансмиссии колесного трактора на первой передаче определяется по формуле:

$$i_{\text{тр}1} = 0,377 \frac{n_n r_k}{V_{\text{н}1}}, \quad (14)$$

где n_n - номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя согласно заданию, мин⁻¹;

r_k - радиус качения ведущего колеса трактора, м;

$V_{\text{н}1}$ - скорость трактора на 1-й расчетной передаче, согласно заданию, км/ч.

Радиус качения ведущего колеса подсчитывается по формуле:

$$r_k = 25,4 \cdot 10^{-3} [0,5d + (0,8 \dots 0,85)b], \text{ м} \quad (15)$$

где d - наружный диаметр обода колеса, на который монтируется шина, в дюймах;

b - ширина профиля шины, в дюймах;

(0,8...0,85) - коэффициент деформации шины ведущего колеса.

Размеры шин подбираются по таблице (приложение 1) в зависимости от нагрузки на одно ведущее колесо трактора.

Для гусеничного трактора передаточное число на первой передаче соответственно определяется по формуле:

$$i_{\text{тр1}} = 0,377 \frac{n_{\text{н}} r_{\text{но}}}{V_{\text{н1}}}, \quad (16)$$

где $r_{\text{но}}$ - радиус начальной окружности ведущей звездочки, который подсчитывается по формуле:

$$r_{\text{но}} = \frac{z l_{\text{зв}}}{2\pi}, \quad (17)$$

где: $l_{\text{зв}}$ - фактическая длина одного звена гусеницы, м;

z - число активно действующих зубьев звездочки за один оборот.

Остальные передаточные числа трансмиссии подсчитываются по формуле:

$$i_{\text{тр2}} = \frac{i_{\text{тр1}}}{q}; i_{\text{тр3}} = \frac{i_{\text{тр2}}}{q}, \quad (18)$$

где q - знаменатель геометрической прогрессии.

Зная расчетные общие передаточные числа трансмиссии на каждой передаче $i_{\text{тр}}$ и передаточные числа шестерен с постоянным зацеплением трактора-прототипа i_0 определяют передаточные числа коробки передач по формуле:

$$i_{\text{тр1}} = \frac{i_{\text{тр1}}}{i_0}; i_{\text{тр2}} = \frac{i_{\text{тр2}}}{i_0}; i_{\text{тр3}} = \frac{i_{\text{тр3}}}{i_0}, \quad (19)$$

где i_0 - передаточное число шестерен с постоянным зацеплением прототипа,

$$i_0 = i_{\text{ц.п}} i_{\text{к.п}}, \quad (20)$$

Где: $i_{\text{ц.п}}$ – передаточное число центральной передачи;

$i_{\text{к.п}}$ – передаточное число конечной передачи.

3.3.6. Показатели энергонасыщенности и металлоемкости трактора

Энергонасыщенность и металлоемкость являются важными параметрами, характеризующими уровень технического совершенства в области тракторостроения. Рациональное использование металла является проблемой народно-хозяйственного значения. С повышением энергонасыщенности трактора увеличивается возможность повышения производительности труда без существенного увеличения дорогостоящего металла.

Энергонасыщенность трактора характеризуется отношением номинальной мощности тракторного двигателя к эксплуатационной массе

трактора. Величину энергонасыщенности определяют по формуле

$$N_э = \frac{N_{е\text{ ном}}}{m_э}, \text{ кВт/кг.} \quad (21)$$

Металлоемкость трактора характеризуется отношением $m_к$ конструктивной массы к номинальной мощности $N_{е\text{ ном}}$ двигателя. Этот показатель по мере совершенствования конструкций тракторов и повышения их энергонасыщенности непрерывно снижается. Снижение металлоемкости не должно ухудшать сцепных свойств трактора и понижать его надежность в работе. Величину металлоемкости определяют по формуле:

$$q_м = \frac{m_{э\text{ к}}}{N_{е.\text{ ном}}}, \text{ кг/кВт.} \quad (22)$$

3.3.7 Расчет и построение регуляторной скоростной характеристики дизеля в функции от частоты вращения коленчатого вала

Регуляторная характеристика тракторного двигателя показывает изменение эффективной мощности, частоты вращения коленчатого вала, крутящего момента, удельного и часового расходов топлива в зависимости от скоростного и нагрузочного режимов работы двигателя.

Расчет и построение регуляторной характеристики двигателя в функции от скоростного режима рекомендуется вести в следующем порядке:

1. Задаваясь различными значениями частот вращения вала двигателя в процентах (100, 80, 60, 40, 20) от номинальной величины (по заданию), определяют текущие значения $N_{еi}$ мощности двигателя на безрегуляторной ветви характеристики по эмпирической формуле:

$$N_{еi} = N_{е\text{ max}} \left[C_1 \frac{n_i}{n_H} + C_2 \left(\frac{n_i}{n_H} \right)^2 - \left(\frac{n_i}{n_H} \right)^3 \right], \text{ кВт,} \quad (23)$$

где n_e и n_H - текущее и номинальное значение частот вращения коленчатого вала двигателя;

$C_1 = 0,5$; $C_2 = 1,5$ - для дизелей с непосредственным впрыском топлива;

$C_1 = 0,7$; $C_2 = 1,3$ - для дизелей с вихрекамерным смесеобразованием.

На регуляторной ветви характеристики принимают изменения мощности N_e по закону прямой линии от $N_e = 0$ до $N_{е\text{ max}}$.

2. Для определения $N_e = 0$ определяют частоту вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу по формуле:

$$n_x = (1 + \delta_p) n_H, \text{ мин}^{-1}, \quad (24)$$

где δ_p - коэффициент неравномерности регулятора; для современных тракторных двигателей принимают $\delta_p = 0,07 \dots 0,08$.

3. Зная мощность и частоту вращения коленчатого вала двигателя, определяют крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10^3 \frac{N_{e_i}}{\omega}, \text{ Нм}, \quad (25)$$

где $\omega = \frac{\pi n_i}{30}, \text{ с}^{-1};$

n_i - частота вращения коленчатого вала соответственно мощности двигателя N_{e_i} .

4. По удельному расходу g_e топлива при номинальной мощности двигателя (табл.2) определяют максимальный часовой расход $G_{т.маx}$ топлива по формуле:

$$G_{т.маx} = \frac{g_e N_{e.ном}}{10^3}, \text{ кг/ч}. \quad (26)$$

5. Для холостого хода двигателя принимают:

$$G_{т.х} = (0,25...0,3)G_{т.маx}, \text{ кг/ч}.$$

Промежуточные точки часового расхода топлива на регуляторной ветви принимают по закону прямой линии.

6. Определяют удельный расход топлива по формуле:

$$g_{e.i} = \frac{10^3 G_{тi}}{N_{e_i}}, \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}. \quad (27)$$

Кривая удельного расхода топлива поднимается вверх по мере снижения нагрузки двигателя.

7. Удельный расход топлива на безрегуляторной ветви при максимальном крутящем моменте двигателя принимают на 15-20% больше, чем при номинальной мощности. Промежуточные точки удельного расхода топлива можно принимать аналогично опытным данным соответствующих двигателей.

8. Зная удельный расход топлива на безрегуляторной ветви, определяют соответствующий часовой расход топлива $G_{т.i}$ по формуле:

$$G_{т.i} = \frac{g_{e.i} N_{e.i}}{10^3}, \text{ кг/ч}.$$

9. Результаты расчетов показателей работы двигателя заносят в сводную таблицу 3 для построения регуляторной характеристики.

Таблица 3 - Результаты расчетов показателей работы двигателя

$n, \text{ мин}^{-1}$	$N_e, \text{ кВт}$	$M_{кр}, \text{ Нм}$	$G_{т}, \text{ кг/ч}$	$g_e, \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$

Пользуясь полученными расчетными данными, строят график

регуляторной скоростной характеристики дизеля в функции от частоты вращения коленчатого вала.

На рис. 1 приведен общий вид скоростной регуляторной характеристики, показывающей характер изменения $M_k = f(n)$, $N_e = f(n)$, $G_T = f(n)$, $g_e = f(n)$.

Рис. 1 Регуляторная характеристика дизеля в функции от частоты вращения



3.3.8 Нагрузочная характеристика дизеля в функции от эффективной мощности

Исходными данными для построения нагрузочной характеристики являются также расчетные данные таблицы 3. Примерная нагрузочная характеристика показателей $M_k = f(N_e)$, $n = f(N_e)$, $G_T = f(N_e)$, $g_e = f(N_e)$, представленная на рис. 2, дает более полное представление о показателях работы двигателя в регуляторной зоне - в пределах работы регулятора, что используется при оценке работы комплекса сельскохозяйственных машин с данным типом трактора.

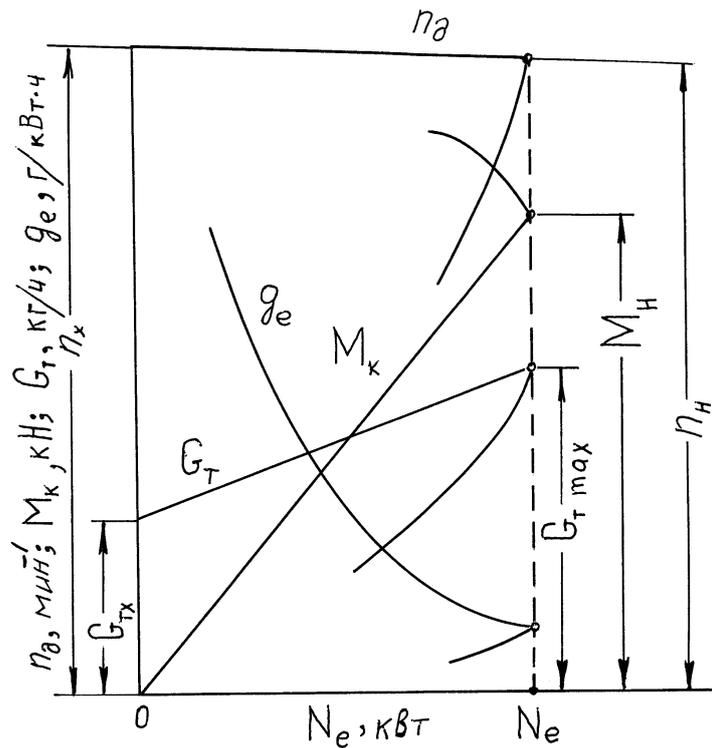


Рис. 2 Регуляторная характеристика дизеля в функции от эффективной мощности

Нерегуляторная зона в пределах от $M_k \text{ ном}$ до $M_k \text{ max}$ характеризует работу двигателя при воздействии на его показатели корректирующего устройства в период кратковременных перегрузок. Для повышения эффективности работы машинно-тракторного парка следует стремиться к тому, чтобы средняя эксплуатационная нагрузка двигателя была по возможности выше в пределах регуляторной зоны, но не более 95% от максимальной мощности двигателя.

3.3.9 Расчет и построение теоретической тяговой характеристики трактора

Определив основные конструктивные и экономические параметры тракторного двигателя и трактора в целом приступают к построению теоретической тяговой характеристики, которая позволяет получить наглядное представление о тяговых и топливно-экономических показателях на различных режимах его работы.

Теоретическая тяговая характеристика трактора (рис. 3) состоит из двух частей — нижней и верхней. Нижняя часть графика имеет вспомогательное значение и служит для нанесения основных исходных параметров тракторного двигателя. В верхней части графика наносится ряд кривых, показывающих, как в заданных почвенных условиях, при уста-

новившемся движении на горизонтальном участке, в зависимости от нагрузки на крюке трактора изменяются его основные эксплуатационные показатели - буксование ведущих органов δ , скорости V , тяговая мощность N_e , удельный расход $g_{кр}$ топлива и тяговый КПД трактора η_T .

Аналитический расчет и графическое построение теоретической тяговой характеристики трактора производится в следующей последовательности: на листе чертежной или миллиметровой бумаги размером 594×420 мм наносятся на нижней части листа (рис. 3) оси координат с повернутой осью ординат вниз. Затем по оси абсцисс от начала координат в принятом масштабе откладывается для каждой передачи максимальная касательная сила тяги, подсчитанная

$$P_{к.маx} = \frac{M_{к.маx} i_{трi} \eta_{трi}}{r_k}, Н \quad (28)$$

и номинальная:

$$P_{к.ном} = \frac{M_{к.ном} i_{трi} \eta_{трi}}{r_k}, Н \quad (29)$$

где $M_{к.маx}$ - максимальный крутящий момент двигателя (табл. 3.1);

$M_{к.ном}$ - крутящий момент двигателя при номинальной частоте вращения коленчатого вала;

$i_{трi}$ - передаточное число трансмиссии;

$\eta_{трi}$ - КПД учитывающий потери мощности в трансмиссии.

Учитывая, что касательная сила тяги трактора прямо пропорциональна крутящему моменту двигателя, поэтому по оси абсцисс от точки 0 для каждой заданной передачи в принятом масштабе наносятся крутящие моменты двигателя $M_{к.маx}$ и $M_{к.ном}$ соответственно касательным силам тяги $P_{к.маx}$ и $P_{к.ном}$.

Затем по оси ординат вниз наносятся масштабные шкалы эффективной мощности, часового расхода топлива и частоты вращения коленчатого вала двигателя с таким расчетом, чтобы графики в регуляторной зоне не пересекались.

Далее с учетом количества передач и соответствующих крутящих моментов строится график показателей работы двигателя $N_e = f(M_{кр})$, $G_T = f(M_{кр})$, $n = f(M_{кр})$.

При этом образуются пучки кривых N_e с общим центром в точке 0', кривые G_T с общим центром в точке $G_{Тх}$ и пучок кривых n с общим центром в точке n_x - соответствующие холостому ходу двигателя. Точки перегиба (вершины) кривых всех показателей регуляторной характеристики двигателя должны находиться на горизонтальной прямой и по вертикали соответствовать номинальным моментам двигателя.

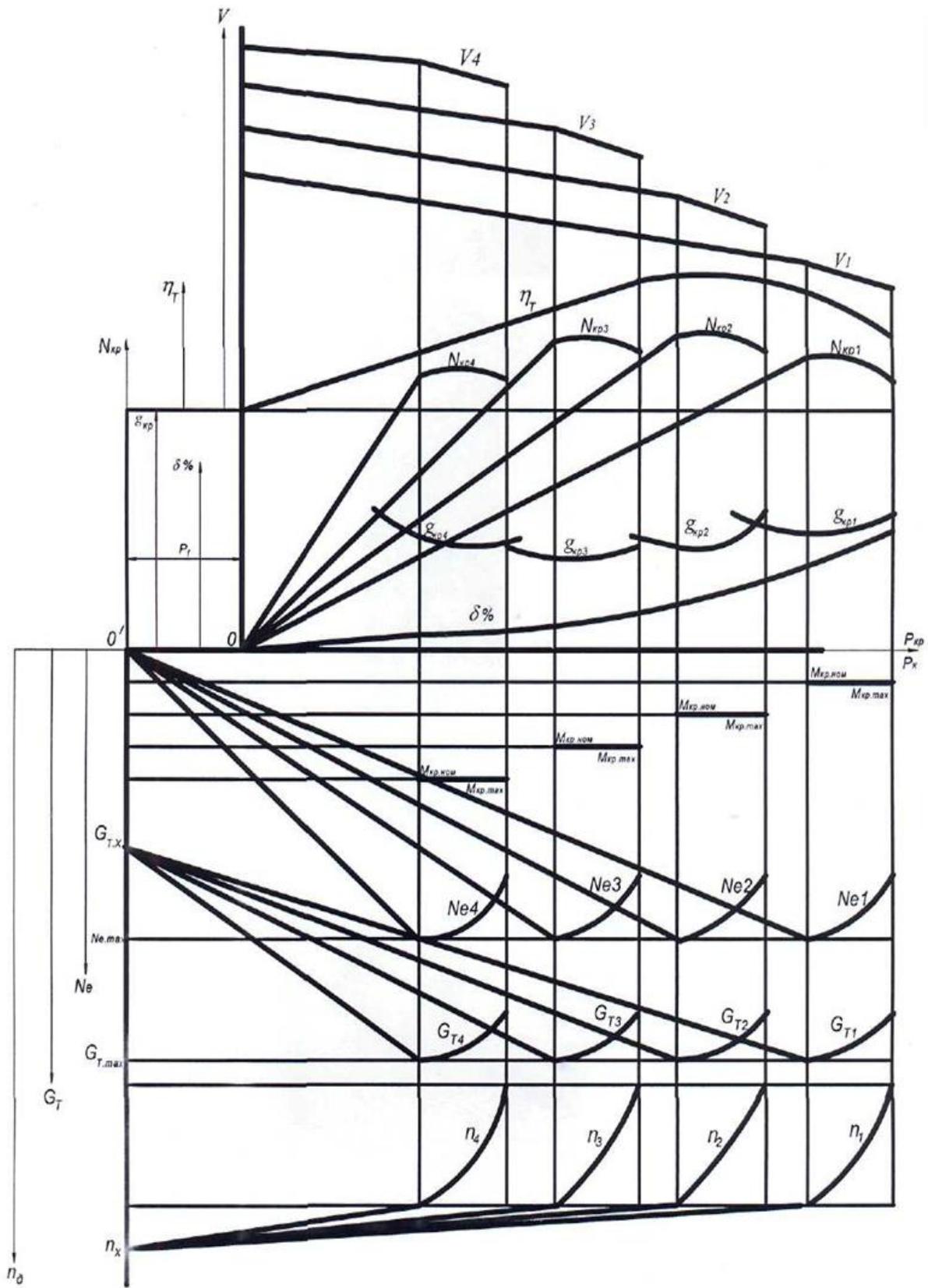


Рисунок 3. Теоретическая тяговая характеристика трактора

Кривые, расположенные в нерегуляторной зоне в пределах от $M_{кр\ ном}$ до $M_{кр\ max}$ для каждой передачи, строятся по расчетным точкам регуляторной характеристики (см. таблицу 3). Нанесенные кривые на график регуляторной характеристики для каждой передачи должны заканчиваться при максимальных значениях крутящих моментов.

Примером построения нагрузочной характеристики двигателя в функции от крутящего момента может служить нижняя часть теоретической тяговой характеристики трактора (рис. 3). Следует учесть, что в зоне перегрузок от $M_{кр\ ном}$ до $M_{кр\ max}$ кривые N_e , G_T , n строятся по точкам регуляторной характеристики, а в зоне действия регуляторов эти показатели изображаются прямыми линиями.

После построения нагрузочной характеристики определяют силу сопротивления качению по формуле:

$$P_f = fG, \quad (30)$$

где f - коэффициент сопротивления качению;
 G - сила тяжести трактора.

Величина силы сопротивления качению P_f , откладывается по оси абсцисс вправо от точки O' до точки O . Полученная точка O будет являться началом координат непосредственно тяговой характеристики трактора. По оси абсцисс в масштабе касательной силы от точки O отсчитывается сила тяги на крюке трактора, определяемая по формуле $P_{кр} = P_k - P_f$, а по оси ординат вверх изображаются в своих масштабах тяговые показатели трактора - буксование движителей δ , скорости V , тяговые мощности $N_{кр}$ на крюке, удельный расход $g_{кр}$ топлива по передачам и тяговый КПД η_T .

Величина коэффициента буксования может быть подсчитана по эмпирической формуле:

$$\delta = a \cdot p + b \cdot p^c, \quad (31)$$

где p - относительная сила тяги трактора, определяемая по формуле

$$p = \frac{P_{кр}}{\varphi \cdot \lambda_k \cdot G}, \quad (32)$$

λ_k - коэффициент нагрузки на ведущие колеса трактора, принимается для тракторов: с колесной схемой 4×2 $\lambda_k = 0,75 \dots 0,8$; для колесных 4×4 и гусеничных $\lambda_k = 1$;

Для гусеничных тракторов и колесных со всеми ведущими колесами $\lambda_k = 1$, поэтому величина относительной силы тяги будет определяться по формуле:

$$P = \frac{P_{кр}}{\varphi \cdot G}. \quad (33)$$

Безразмерные коэффициенты a , b , c зависят от типа трактора и почвенных условий. Для колесных тракторов принимают: $a = 0,13$; $b = 0,013$;

$c = 8$. Для гусеничных тракторов: $a = 0,04$; $b = 4,0$; $c = 8$.

Далее для каждой заданной передачи определяют теоретическую скорость на холостом ходу ($P_{кр} = 0$) по формуле

$$V_T = 0,377 \frac{n_d \cdot r_k}{i_{тр}}, \quad (34)$$

где r_k – радиус качения ведущего колеса (звездочки);
 n_d – частота вращения коленчатого вала двигателя, $мин^{-1}$;
 $i_{тр}$ – передаточное число трансмиссии.

Зная величину буксования δ и теоретическую скорость V_T , подсчитывают для каждой передачи рабочие скорости по формуле:

$$V_p = V_T (1 - \delta) = 0,377 \frac{n_d \cdot r_k}{i_{тр}} (1 - \delta), \quad (35)$$

По формуле для каждой передачи определяют мощность на крюке трактора

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} \cdot V_p}{3600}, \text{ кВт.} \quad (36)$$

Для оценки топливной экономичности трактора определяется удельный расход топлива по формуле:

$$g_{кр} = \frac{10^3 \cdot G_T}{N_{кр}}, \quad \frac{г}{кВт \cdot ч}, \quad (37)$$

где соответствующие значения G_T и $N_{кр}$ определяют по графику (рисунок 3).

Условный тяговый КПД трактора подсчитывается по формуле

$$\eta_T = \frac{N_{кр}}{N_e}, \quad (38)$$

где $N_{кр}$ и N_e – определяют по графику (рисунок 3)

Проверку η_T производят по формуле

$$\eta_T = \eta_{тр} \cdot \eta_f \cdot \eta_\delta \quad (39)$$

Если расчет по двум формулам произведен правильно, то результаты расчетов должны совпадать или быть близкими.

Для построения теоретической тяговой характеристики трактора полученные расчетные тяговые показатели для каждой передачи заносятся в таблицу 4.

После построения графика тяговой характеристики трактора составляется баланс мощности трактора для установившегося движения.

Мощность на крюке трактора и значения δ , V , G , P_k берутся из графика теоретической тяговой характеристики трактора (рисунок 3).

В заключение курсовой работы следует проанализировать расчетные показатели трактора в целом и сделать краткие выводы сравнительно с прототипом.

Таблица 3.2 – Расчетные тяговые показатели

Передача	Расчетная точка	N_e , кВт	n_d , мин ⁻¹	G_T , кг/ч	P_k , кН	$P_{кр}$, кН	V , км/ч	$N_{кр}$, кВт	$g_{кр}$, г/(ч·кВт)	η_T
I	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
II	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
III	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
IV	1									
	2									
	3									
	4									
	5									