

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации для  
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**Б1.В.04 Тягово-энергетическая концепция трактора и  
модульных энергетических средств**

**Направление подготовки (специальность) 35.04.06 Агроинженерия**

**Профиль подготовки (специализация) «Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства»**

**Форма обучения заочная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Организация самостоятельной работы.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы (проекта).....</b>	<b>4</b>
<b>3. Методические рекомендации по подготовке реферата/эссе.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Методические рекомендации по выполнению индивидуальных домашних заданий.....</b>	<b>4</b>
<b>4.1 Содержание индивидуальных домашних заданий.....</b>	<b>5</b>
<b>4.2 Порядок выполнения заданий .....</b>	<b>7</b>
<b>4.3 Пример выполнения задания .....</b>	<b>7</b>
<b>5. Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопросов.....</b>	<b>30</b>
<b>6. Методические рекомендации по подготовке к занятиям.....</b>	<b>30</b>

## 1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### 1.1. Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы (из табл. 5.1 РПД)				
		подготовка курсового проекта (работы)	подготовка реферата/эссе	индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	самостоятельно изучение вопросов (СИВ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
1	<b>Тема 1</b> Системный подход и системный анализ при проектирование мобильных энергетических средств	-	-	2	8	-
2	<b>Тема 2</b> Математическое моделирование мобильных систем и энергетических модулей.			2	8	
3	<b>Тема 3</b> Методические принципы проектирования технологических процессов и мобильных систем в САПР.			3	8	
4	<b>Тема 4</b> Построение физических моделей и математическое описание экспериментальных исследований МЭС.	-	-	3	8	-
6	<b>Тема 5</b> Общие задачи механики тягово-транспортных			2	8	

	систем.					
6	<b>Тема 6</b> Задачи тяговой динамики тягово-транспортных систем.			2	8	
7	<b>Тема 7</b> Задачи безопасности тягово-транспортных систем.			3	8	
8	<b>Тема 8</b> Задачи эргономичности тягово-транспортных систем.			3	8	

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ (ПРОЕКТА)**

Не предусмотрено.

## **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ РЕФЕРАТА/ЭССЕ**

Не предусмотрено.

## **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЯ**

Индивидуальные домашние задания выполняются в форме контрольной работы путем расчетно-графической работы по выбранной теме и варианту.

### **Темы индивидуальных домашних заданий**

Расчет и сравнение передаточных характеристик трансмиссии 2-х тракторов

№ Варианта	тип	F крн	Варианты							
			V дн1	V дн2	m	V дтр1	V дтр 2	V э	K	
1	T-16 4x2	6 ,3	1 ,5	3 ,5	4 ,6	3 ,6	8 ,8	,85	0	
2	T-25	6 ,5	1 ,3	3 ,3	5 ,4	4 ,6	7 ,6	,86	0	
3	T-40 4x2	9 ,7	1 ,1	3 ,1	6 ,4	4 ,2	7 ,8	,87	0	
4	MTZ-80 4x2	1 ,9	1 ,9	2 ,9	7 ,8	4 ,8	6 ,8	,88	0	
5	MTZ-82 4x4	1 ,3	1 ,4	3 ,4	8 ,6	3 ,8	7 ,8	,89	0	
6	T-70C	2 ,5	1 ,2	3 ,2	4 ,4	4 ,4	7 ,4	,9	0	

7	ДТ-75	0	3	,9	1	3	5	,8	4	7	0
8	T-150	0	3	,7	1	,9	2	6	,4	4	,92
9	T-4М	0	4	,4	1	,7	2	7	,8	3	,93
10	T-150К	0	3	,6	1	,5	2	8	,2	4	,94
11	K-701	0	5	,8	1	,4	3	4	,6	4	,95
12	T-100М	0	6	,2	2	,2	3	5	,5	7	,94
13	T-130	0	6	,3	1	,3	3	6	,6	3	,93
14	T-16 4x2	6	,5	1	,8	2	7	4	,6	6	,92
15	T-25	6	,7	1	,6	2	8	,4	3	6	,91
16	T-40 4x2	9	,9	1	,4	2	4	,8	4	5	,9
17	MT3-80 4x2	4	1	,4	1	,2	2	5	,8	3	,89
18	MT3-82 4x4	4	1	,6	1	,2	6	,2	4	5	,88
19	T-70С	0	2	,8	1	,5	3	7	,6	4	,87
20	ДТ-75	0	3	,2	2	,3	3	8	,5	7	,86
21	T-150	0	3	,3	1	,1	3	4	,6	3	,85
22	T-4М	0	4	,5	1	,9	2	5	,4	6	,85
23	T-150К	0	3	,7	1	,7	2	6	,4	4	,86
24	K-701	0	5	,9	1	,5	2	7	,8	4	,87
25	T-100М	0	6	,1	2	,4	3	8	,2	5	,88
26	T-130	0	6	,4	1	,2	3	4	,8	3	,89
27	T-16 4x2	6	,6	1	,3	,4	3	4	,2	4	,9
28	T-25	6	,8	1	,4	,3	4	,6	,4	7	,95
29	T-40 4x2	9	,2	2	,2	,3	5	,5	,4	7	,94
30	MT3-80 4x2	4	1	,3	1	,3	3	6	,6	3	,93

#### 4.1 Содержание индивидуальных домашних заданий

Контрольная работа имеет следующую структуру:

- титульный лист;
- содержание;
- текст работы, структурированный по главам (параграфам, разделам);
- заключение;
- библиография (список источников);
- приложения (при необходимости).

Текст работы должен демонстрировать:

- знакомство автора с справочной литературой, основной литературой по рассматриваемым вопросам;
- умение выделить проблему и определить методы ее решения;
- владение соответствующим понятийным и терминологическим аппаратом;
- приемлемый уровень языковой грамотности, включая владение функциональным стилем научного изложения.

Общий объем контрольной работы не должен превышать 30-40 страниц). Работа должна быть напечатана на одной стороне листа белой бумаги форматом А4.

Рекомендуемый шрифт *Times New Roman*, размер 14, межстрочный интервал - 1,5.

Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей; левое - 30 мм, правое - 10 мм, верхнее - 20 мм, нижнее - 20 мм. Следует включить режим выравнивание по ширине и автоматический перенос слов.

*Титульный лист* работы должен содержать полное наименование вуза, название подразделения (факультет, кафедра), в котором выполнена работа, название темы, фамилию, имя, отчество автора, фамилию, инициалы и ученую степень (звание) научного руководителя, наименование места и год выполнения.

*Оглавление* представляет собой составленный в последовательном порядке список всех заголовков разделов работы с указанием страниц, на которых соответствующий раздел начинается .

*Перечень условных обозначений.* Малораспространенные сокращения, условные обозначения, символы, единицы и специфические термины должны быть представлены в виде отдельного перечня. Перечень должен располагаться столбцом, в котором слева в алфавитном порядке приводятся элементы перечня, справа — их детальная расшифровка.

*Введение.* Во введении контрольной работы (рекомендуемый объем не более 2-3 страниц) — дается обоснование выбора темы, характеризуется ее актуальность и степень научной разработки, общая оценка исследуемой проблемы, формируются цели и задачи исследования, перечисляются подходы и методы анализа, обоснование необходимости разработки темы.

*Основная часть.* Основная часть контрольной работы должна быть представлена главами или разделами (не более трех), которые могут быть разбиты на параграфы.

Все части контрольной работы должны быть изложены в строгой логической последовательности и взаимосвязи. Каждая глава, раздел должны иметь определенное целевое назначение и является базой для последующего изложения. В конце каждой главы или раздела должны быть сформулированы краткие выводы, вытекающие из текста.

*Заключение.* Заключение содержит в сжатой форме как теоретические выводы, так и практические предложения, к которым пришел студент в результате выполнения контрольной работы. Они должны быть краткими, конкретными, вытекать из существа работы и отражать предмет защиты. Объем заключения —до 2-х страниц.

*Библиография (список использованных источников).* Список должен содержать перечень источников информации, используемых при выполнении контрольной работы, и их библиографическое описание. Список включает в себя: нормативные правовые акты, материалы юридической практики, литературу (располагаемую в алфавитном порядке). В контрольной работе необходимо использовать не менее 5 источников.

**Приложения.** Приложения должны включать вспомогательный или дополнительный материал, который загромождает текст основной части работы, но необходим для полноты ее восприятия и оценки практической значимости (копии документов, таблицы вспомогательных и цифровых данных, иллюстрации и т.д.).

#### **4.2 Порядок выполнения заданий**

Подготовка контрольной работы способствует формированию правовой культуры у будущего специалиста, закреплению у него юридических знаний, развитию умения самостоятельно анализировать многообразные общественно-политические явления современности, вести полемику.

Процесс написания контрольной работы включает:

- выбор темы;
- подбор нормативных актов, специальной литературы и иных источников, их изучение;
- составление плана;
- написание текста работы и ее оформление;
- устное изложение содержания контрольной работы.

Выполнение контрольной работы следует начинать с общего ознакомления с темой (прочтение соответствующего раздела учебника, учебного пособия, конспектов лекций). Затем необходимо изучить нормативные акты и другие литературные источники, рекомендованные преподавателем.

Контрольная работа состоит из введения, в котором кратко обосновывается актуальность, научная и практическая значимость избранной темы; основного материала, содержащего суть проблемы и пути ее решения; заключения, где формулируются выводы, оценки, предложения.

Изложение материала должно быть кратким, точным, последовательным. Необходимо употреблять научные термины, избегать непривычных или двусмысленных понятий и категорий, сложных грамматических оборотов. Термины, отдельные слова и словосочетания допускается заменять принятыми текстовыми сокращениями. Рекомендуется включать в контрольную работу схемы и таблицы, если они помогают раскрыть основное содержание проблемы.

Особое внимание следует уделять оформлению научно-справочного аппарата и прежде всего постраничных сносок (внизу страницы, под чертой). Сноска должна быть полной, с указанием фамилии и инициалов автора, названия книги, места и года ее издания, страницы, с которой взята цитата или соответствующее положение. Для статей указывают фамилию и инициалы автора, название статьи, название журнала или сборника статей с указанием года издания и номера (или выпуска). При ссылке на газетную статью кроме названия и года издания указывают дату. Оформляя нормативные источники, необходимо указывать полное и точное название нормативного акта, дату его принятия и редакции, а также изменений и дополнений. При этом обязательными являются название, год, номер и статья официального издания, где был опубликован нормативный акт.

Текст полностью написанной и оформленной работы подлежит тщательной проверке. Ошибки и описки как в тексте, так и в цитатах и в научно-справочном аппарате отрицательно сказываются на оценке.

#### **4.3 Пример выполнения задания**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерный факультет  
Кафедра «Проектирование и управление в технических системах»

**Контрольная работа**

по дисциплине «Тягово-энергетическая концепция трактора и модульных  
энергетических средств»

На тему: Расчет и сравнение передаточных характеристик  
трансмиссии 2-х тракторов Т-40М

Выполнил: магистрант 21 мАИНЖсер.  
Стрельцов П.А.

Оренбург 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
1. ТЯГОВЫЙ РАССЧЕТ ТРАКТОРА	
1.1 Расчет эксплуатационной массы трактора, номинальной мощности двигателя и теоретической регуляторной характеристики двигателя	
1.1.1 Определение эксплуатационной массы трактора.	
1.1.2 Расчет номинальной мощности двигателя	
1.1.3 Расчет и построение теоретической характеристики двигателя при работе на регуляторе	
1.1.4 Расчет передаточных чисел трансмиссии и текущих значений силы тяги на крюке	3
1.2.1 Определение радиуса ведущего колеса	3
1.2.2 Определение передаточных чисел трансмиссии	4
1.2.3 Расчет текущих значений силы тяги на крюке	7
1.3. Расчет и построение теоретической тяговой характеристики	7
1.3.1 Построение теоретической регуляторной характеристики двигателя	8
1.3.2 Построение лучей теоретических скоростей движения	0
1.3.3 Построение зависимости буксования от силы тяги на крюке	1
1.3.4 Построение лучей теоретических скоростей движения	2
1.3.5 Построение зависимости действительной скорости движения от силы тяги на крюке	3
1.3.6 Построение зависимости тяговой мощности от силы тяги на крюке	3
1.3.7 Построение зависимости мгновенного расхода топлива от силы тяги на крюке	3
1.3.8 Построение зависимости удельного тягового расхода топлива от силы тяги на крюке	4
1.3.9 Построение зависимости тягового КПД от силы тяги на крюке	4
1.4. Анализ тяговых качеств трактора	7
1.4.1 Соответствие расчетных параметров проектируемого трактора заданию на проектирование:	8
1.4.2 Сравнение параметров проектируемого трактора и трактора-прототипа	8
1.4.3 По графику теоретической тяговой характеристики определяем:	8
Список использованной литературы	0

## **Введение**

Контрольная работа выполняется с целью углубления и закрепления знаний, приобретения навыков тяговых расчетов современных тракторов.

Для обеспечения эффективного использования тракторов в АПК в соответствии с агротехническими, потребительскими и экологическими требованиями. Необходимы глубокие знания конструкции и расчетов двигателей внутреннего сгорания и их деталей.

С помощью расчетов осваиваются назначение тракторов и их зависимость от мощностных, скоростных и экономических показателей.

## 1. ТЯГОВЫЙ РАССЧЕТ ТРАКТОРА

В процессе тягового расчета определяют основные конструктивные параметры трактора, которые обеспечивают ему необходимые тяговые свойства в реальных условиях эксплуатации. Трактор рассчитывают на выполнение работ, соответствующих его тяговому классу, который характеризуется номинальной силой тяги на крюке  $P_{kph}$ , развиваемой на необработанной стерне нормальной влажности (15,0 ... 18,0%) и средней плотности (чернозем или суглинок), при этом буксование трактора не должно выходить за допустимые пределы. В зависимости от конструкции ходового аппарата приняты следующие значения допустимого буксования при работе в вышеперечисленных эксплуатационных условиях:

Колесный трактор 4×2

$$K_{\delta\text{don}} = 0,18$$

Исходные данные для тягового расчета.

1. Тип трактора (выбирается самостоятельно в зависимости от тягового класса, типа движителя). Выбран вариант колесный Т 40 М.
2. Двигатель.
3. Номинальная сила тяги на крюке,  $P_{kph} = 9 \text{ кН}$ .
4. Действительная скорость движения агрегата при номинальной силе тяги на крюке,  $V_{\text{don}} = 1,9 \text{ м/с}$  и  $2,1 \text{ м/с}$ .
5. Число основных передач,  $m = 4$
6. Максимальная скорость движения агрегата при работе на транспорте,  $V_{\text{omp}} = 4,8 \text{ м/с}$  и  $5,2 \text{ м/с}$ .
7. Коэффициент эксплуатационной загрузки двигателя  $K_{\mathcal{E}3} = 0,89$

### 1.1 Расчет эксплуатационной массы трактора, номинальной мощности двигателя и теоретической регуляторной характеристики двигателя

#### 1.1.1. Определение эксплуатационной массы трактора

Различают конструктивную (сухую) массу трактора  $m_k$  и эксплуатационную (полную)  $m_{\mathcal{E}}$ . Конструктивная масса должна обеспечивать прочность и долговечность конструкции трактора, эксплуатационная - необходимые тягово-цепные качества.

Из тягового баланса трактора в случае работы его в составе пахотного агрегата по необработанной стерне на горизонтальном поле с номинальной нагрузкой на крюке требуемое значение касательной силы тяги определится

$$P_K = K_{B\Pi} \cdot P_{kph} + K_{xa} \cdot f \cdot g \cdot m_{\mathcal{E}}, P_k = 1,25 \cdot 9 + 1 \cdot 0,06 \cdot 9,8 \cdot 2,81 = 12,90 \text{ кН}$$
$$P_k = 11,25 + 1,65 = 12,90 \text{ кН}$$

где  $K_{B\Pi}$  - коэффициент возможной перегрузки,  $K_{B\Pi} = 1,25 \dots 1,40$  - при работе трактора в составе пахотного агрегата;  $K_{xa}$  - коэффициент, показывающий долю сопротивления качению, обусловленную деформацией опорной поверхности и шин,

$K_{xa} = 1,0$  - колесный движитель,  $K_{xa} = 0,5$  - гусеничный движитель;  $f$  - коэффициент сопротивления качению, (табл. 1);

$g$  - ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}$ .

Возможное значение касательной силы тяги при допустимом буксовании ограничено силой сцепления

$$P_{cu} = K_{cudon} \cdot K_{nwk} \cdot g \cdot m_3, \quad P_{cu} = 0,55 \cdot 0,85 \cdot 9,8 \cdot 2,81 = \underline{\underline{12,87 \text{ кН}}}$$

где  $K_{cudon}$  - коэффициент сцепления при допустимом буксовании, (табл. 1),  $K_{nwk}$  - коэффициент нагрузки ведущих колес,  $K_{nwk} = 0,75 \dots 0,85$  - колесные тракторы  $4 \times 2$ ;  $K_{nwk} = 1,0$  - колесные тракторы  $4 \times 4$  и гусеничные.

Приравнивая требуемое и возможное значение касательной силы тяги, получим

$$m_3 = \frac{K_{BPI} \cdot P_{kph}}{(K_{cudon} \cdot K_{nwk} - K_{xa} \cdot f) \cdot g}, \quad m_3 = \frac{1,25 \cdot 9}{(0,55 \cdot 0,85 - 1 \cdot 0,06) \cdot 9,8} = \frac{11,250}{3,99} = \underline{\underline{2,81 \text{ тн.}}}$$

1. Коэффициенты, характеризующие тягово-сцепные качества тракторов.

Агротехнический фон	Колесные тракторы		Гусеничные тракторы	
	$f$	$K_{cudon}$	$f$	$K_{cudon}$
Грунтовая сухая дорога	0,03... 0,05	0,65... 0,80	0,05... 0,08	0,75...0 ,85
Целина	0,05...	0,65...	0,06...	0,85...0
Стерня колосовых	<b>0,06...</b>	<b>0,55...</b>	0,09...	0,75...0
Поле подготовленное под посев	0,16... 0,18	0,35... <b>0,55</b>	0,09... 0,16	0,55...0 ,65

При выполнении курсовой работы значение конструктивной массы можно принять, ориентируясь на показатели современных тракторов того же тягового класса. С достаточной для учебных расчетов точностью можно принять, что за счет водителя, инструмента, топлива, смазочных материалов и т. п. масса трактора увеличивается на 7,0... 10,0%. Недостаток эксплуатационной массы восполняется применением балласта, навешиваемого на ведущие колеса.

$$m_K = \frac{m_3}{1,1}$$

$$m_K = \frac{2,81}{1,1} = \underline{\underline{2,56 \text{ тонн.}}}$$

### 1.1.2. Рассчет номинальной мощности двигателя

Номинальная мощность двигателя определяется из условия равномерного движения на горизонтальном поле с номинальной силой тяги на крюке и действительной скоростью движения в определенных почвенных условиях при допустимом буксовании.

$$N_{ei} = \frac{(D_{ed} + D_f) \cdot V_{Ai}}{(1 - \hat{E}_{aa}) \cdot \hat{E}_{ia} \cdot \hat{E}_{od} \cdot \hat{E}_{yc}}$$

$$\underline{\underline{1 \text{ вариант}}} N_{bh} = \frac{(9+1,65) \cdot 1,9}{(1-0,18) \cdot 0,88 \cdot 0,89} = \frac{(10,65) \cdot 1,9}{0,82 \cdot 0,783} = \frac{20,23}{0,642} = \underline{\underline{31,51 \text{ кВт}}}$$

$$\underline{\underline{2 \text{ вариант}}} N_{bh} = \frac{(9000+1,65) \cdot 2,1}{(1-0,18) \cdot 0,88 \cdot 0,89} = \frac{(21341) \cdot 2,1}{0,672} = \frac{44816,1}{0,672} = \underline{\underline{34,82 \text{ кВт}}}$$

где  $P_f = f \cdot g \cdot m_3$  - сила сопротивления качению, кН  $P_f = 0,06 \cdot 9,8 \cdot 2,81 = 1,65$

$Knd_{TP}$  - механический КПД трансмиссии,

$$Knd_{TP} = Knd_X \cdot Knd_Q^{n_u} \cdot Knd_K^{n_k}, Knd_{\Sigma P} = 0,96 \cdot 0,985^4 \cdot 0,975^1 = 0,88$$

$$Knd_{\Sigma P} = 0,96 \cdot 0,941 \cdot 0,975 = 0,88$$

где  $Knd_X$  - механический КПД трансмиссии, учитывающий потери холостого хода,

$$Knd_X \approx 0,96; Knd_Q, Knd_K - механический КПД цилиндрической и конической пары$$

шестерен,  $Knd_Q = 0,985; Knd_K = 0,975$ ;  $n_Q, n_K$  - число цилиндрических и конических пар шестерен, работающих на одной передаче.

Для выполнения расчетов необходимо выбрать схему трансмиссии, ориентируясь на трактор-прототип, и определить число пар цилиндрических и конических шестерен, передающих всю мощность двигателя на одной из основных передач. Продольное расположение двигателя обуславливает применение одной пары конических шестерен; в случае поперечного расположения двигателя коническая передача, как правило, отсутствует. Применение нескольких пар конических шестерен существенно усложняет конструкцию трансмиссии и снижает механический КПД.

### 1.1.3. Расчет и построение теоретической характеристики двигателя

#### при работе на регуляторе

Источником механической энергии на тракторах является, как правило, дизель. Характеристика двигателя, оборудованного всережимным регулятором, построенная в функции частоты вращения коленчатого вала, называется скоростной характеристикой с регуляторной ветвью. Она используется для анализа работы двигателя на режимах перегрузки. Для оценки показателей работы двигателя на регуляторной ветви более удобна характеристика, построенная в функции эффективной мощности. Для изучения тяговых качеств трактора пользуются регуляторной характеристикой, построенная в функции крутящего момента.

Для расчета регуляторной характеристики двигателя по эмпирическим формулам необходимо рассчитать номинальную мощность двигателя  $N_{en}$ , и выбрать частоту вращения коленчатого вала  $n_h$  и удельный эффективный расход топлива  $g_{en}$  при номинальной мощности, ориентируясь на показатели двигателя, выбранного за прототип. Аргументом для расчета характеристики двигателя является частота вращения. Максимальное значение частоты вращения на холостом ходу определяется:

$$n_x = (1 + K_p) \cdot n_h, \text{ об/мин} \quad n_x = (1 + 0,06) \cdot 1800 = 1908$$

где  $K_p$  - степень неравномерности регулятора,  $K_p = 0,06 \dots 0,08$  - тракторный дизель.

Для построения тяговой характеристики трактора рекомендуется определить три промежуточных значения частоты вращения  $n_1, n_2, n_3$ , на регуляторной ветви характеристики, соответствующие загрузке двигателя:

$$N_{e1} = 0,6 \cdot N_{en}, \text{ кВт}; \quad 1 \text{ вариант } N_{b1} = 0,6 \cdot 31,51 = 18,90$$

$$2 \text{ вариант } N_{b1} = 0,6 \cdot 34,83 = 20,89$$

$$N_{e2} = 0,5 \cdot (N_{e1} + N_{e3}), \text{ кВт};$$

$$1 \text{ вариант } N_{b2} = 0,5 \cdot (18,9 + 28,04) = 46,94 \cdot 0,5 = 23,47$$

$$2 \text{ вариант } N_{b2} = 0,5 \cdot (20,89 + 30,99) = 51,88 \cdot 0,5 = 25,94$$

$$N_{e3} = K_{zz} \cdot N_{en}, \text{ кВт}.$$

$$1 \text{ вариант } N_{b3} = 0,89 \cdot 31,51 = 28,04$$

$$2 \text{ вариант } N_{b3} = 0,89 \cdot 34,83 = 30,99$$

Значения частоты вращения  $n_1, n_2, n_3$  определяются выражением:

$$n = n_x - \frac{N_e}{N_{en}} \cdot (n_x - n_h), \text{ об/мин}$$

$$\underline{1 \text{ вариант } n_1} = 1908 - \frac{31,51}{18,90} \cdot (1908-1800) = 1908 - 1,66 \cdot 108 = 1728$$

$$2 \text{ вариант } n_1 = 1908 - \frac{34,82}{20,89} \cdot (1908-1800) = 1908 - 1,66 \cdot 108 = 1728$$

$$\underline{1 \text{ вариант } n_2} = 1908 - \frac{31,51}{23,47} \cdot (1908-1800) = 1908 - 1,34 \cdot 108 = 1763$$

$$2 \text{ вариант } n_2 = 1908 - \frac{34,82}{25,94} \cdot (1908-1800) = 1908 - 1,34 \cdot 108 = 1763$$

$$\underline{1 \text{ вариант } n_3} = 1908 - \frac{31,51}{28,04} \cdot (1908-1800) = 1908 - 0,12 \cdot 108 = 1787$$

$$2 \text{ вариант } n_3 = 1908 - \frac{34,82}{30,99} \cdot (1908-1800) = 1908 - 1,12 \cdot 108 = 1787$$

Для расчета безрегуляторной ветви характеристики удобнее задаваться относительным значением частоты вращения:

$$K_n = n / n_h$$

Значения  $n$  определяют при изменении  $K_n$  от 0,9 до 0,4 шагом 0,1.

$$n = 0,9 \cdot 1800 = 1620 \quad n = 0,8 \cdot 1800 = 1440 \quad n = 0,7 \cdot 1908 = 1260$$

$$n = 0,6 \cdot 1800 = 1080 \quad n = 0,5 \cdot 1800 = 900 \quad n = 0,4 \cdot 1800 = 720$$

На регуляторной ветви характеристики мощность двигателя расчете прямо пропорционально от  $N_e = 0$  при  $n = n_x$  до  $N_e = N_{en}$  при  $n = n_h$ .

На без регуляторной ветви характеристики мощность рассчитывается по эмпирической формуле:

$$N_e = N_{en} \cdot K_n \cdot [2 + b \cdot (K_n - 1) - K_n^2], \text{ кВт}$$

$$N_{e1} = 60,3 \cdot 1,024 \cdot [2 + 1,13 \cdot (1,024 - 1) - 1,024^2] = 60,4$$

$$N_{e2} = 60,3 \cdot 1,015 \cdot [2 + 1,13 \cdot (1,015 - 1) - 1,015^2] = 60,36$$

$$N_{e3} = 60,3 \cdot 1,006 \cdot [2 + 1,13 \cdot (1,006 - 1) - 1,006^2] = 60,32$$

$$N_{e1} = 66,7 \cdot 1,024 \cdot [2 + 1,13 \cdot (1,024 - 1) - 1,024^2] = 66,8$$

$$N_{e2} = 66,7 \cdot 1,015 \cdot [2 + 1,13 \cdot (1,015 - 1) - 1,015^2] = 66,76$$

$$N_{e3} = 66,7 \cdot 1,006 \cdot [2 + 1,13 \cdot (1,006 - 1) - 1,006^2] = 66,72$$

где  $b = 1,13$  - дизель с непосредственным впрыском топлива.

Крутящий момент двигателя на регуляторной ветви характеристики растет прямопропорционально от  $M_e = 0$  при  $n = n_x$  до  $M_e = M_{en}$  при  $n = n_h$ .

где  $M_{en}$  - эффективный крутящий момент двигателя при номинальной мощности,

$$\vec{I}_{\dot{a}\dot{i}} = 9,55 \cdot \frac{N_{\dot{a}\dot{i}}}{\vec{t}_i}, \text{ кНм} \quad M_{en} = 9,55 \cdot \frac{60,3}{1800} = 0,319 \quad K_n = 0,319 \cdot 0,9 = 0,287$$

$$M_{e1} = 9,55 \cdot \frac{60,3}{1908} = 0,301 \quad M_{e2} = 9,55 \cdot \frac{60,4}{1843} = 0,313 \quad M_{e3} = 9,55 \cdot \frac{60,36}{1828} = 0,315$$

$$M_{e3} = 9,55 \cdot \frac{60,32}{1812} = 0,320$$

Значения крутящего момента для построения безрегуляторной ветви характеристики определяется выражением:

$$M_e = 9,55 \cdot \frac{N_e}{n}, \text{ кНм}$$

По полученным данным находят значение частоты вращения  $n_M$ , соответствующее максимальной величине крутящего момента  $M_{e\max}$ . На регуляторной ветви характеристики часовой расход топлива растет прямопропорционально от  $G_T = G_{TX}$  при  $n = n_x$  до  $G_T = G_{TH}$  при  $n = n_h$ . Часовой расход топлива на номинальном режиме определяется:

$$G_{TH} = g_{en} \cdot N_{en} \cdot 10^{-3}, \text{ кг/ч} \quad G = 0,252 \cdot 60300 \cdot 10^{-3} = 15,19 \quad \text{где } 0,252 - \text{справочные данные}$$

На холостом ходу часовой расход топлива для тракторных дизелей составляет:

$$G_{TX} = (0,25 \dots 0,30) \cdot G_{TH}, \text{ кг/ч} \quad G_{TX} = 0,30 \cdot 15,19 = 4,55$$

Значения часового расхода топлива  $G_{T1}$ ,  $G_{T2}$ ,  $G_{T3}$  соответствующие частотам вращения  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ , определяют графически или пользуясь выражением:

$$G_T = \frac{N_e}{N_{en}} \cdot (G_{TH} - G_{TX}) + G_{TX}, \text{ кг/ч} \quad G_T = \frac{36,18}{60,3} \cdot (15,19 - 4,55) = 0,6 \cdot 10,64 = 6,38$$

Удельный эффективный расход топлива на регуляторной ветви характеристики определяется:

$$g_e = \frac{G_T \cdot 10^3}{N_e}, \text{ г/кВт ч} \quad g_e = \frac{4,55 \cdot 10^3}{60,42} = 75,3 \quad \text{и так далее по остальным}$$

Без регуляторную ветвь зависимости  $g_e = f(n)$  рассчитывают по эмпирической формуле:

$$g_e = g_{en} \cdot [K_n \cdot (K_n - c) + c], \text{ г/кВт ч} \quad \text{где } c = 1,55 \quad \text{дизель.}$$

Значения часового расхода топлива на без регуляторной ветви характеристики определяются:

$$G_T = g_e \cdot N_e \cdot 10^{-3}, \text{ кг/ч}$$

						$K_n$				
$n, \text{мин}$	908	728	763	787	800	620	440	260	080	00
$N_e, \text{kVt}$			8,90	3,47	8,04	1,51	0,54	8,58	5,83	2,46
$M_e, \text{кН}$			,104	,127	,150	,167	,180	,190	,196	,198
$G_T, \text{кг/ч}$	,38	1,65	,84	,63	,94	,43	,84	,22	,55	,82
$g_e, \text{г/кВт ч}$	####	96,11	19,30	07,64	52,00	43,18	39,40	40,66	46,96	58,30

<i>№рe.</i>									
			1						

Результаты расчетов заносятся в таблицу 2.

Таблица 2.

## 2. Теоретическая регуляторная характеристика двигателя

Построение тяговой характеристики трактора следует выполнить для восьми режимов работы двигателя, при этом четыре режима рекомендуется выбрать на регуляторной ветви характеристики и четыре режима на безрегуляторной ветви. Номера режимов работы двигателя, принятых для расчета тяговой характеристики, приведены в таблице 2.

Теоретическая характеристика дизеля при работе на регуляторе в функции частоты вращения строится на бумаге формата А4 и подшивается в расчетно-пояснительную записку.

Используя характеристику, определить коэффициент приспособляемости двигателя:

$$K_m = M_{e\max} / M_{eh} . \quad K_m=0,320/0,319=1,0031$$

### 1.2. Расчет передаточных чисел трансмиссии и текущих

значений силы тяги на крюке

#### 1.2.1. Определение радиуса ведущего колеса

Расчетный радиус ведущего колеса колесного трактора определяется следующим образом:

Для определения расчетного радиуса ведущего колеса необходимо предварительно произвести выбор шин по фактической нагрузке

$$P_{ш} = \frac{g \cdot K_{HBK} \cdot m_3}{Z}, \text{Н}$$

$$P_{ш} = \frac{9,8 \cdot 0,85 \cdot 2,81}{2} = 11,70$$

где  $Z$  - число шин ведущих колес  $K_{HBK} = 0,75...0,85$

По ГОСТ 7364-80 выбираются пневматические шины

$P_{доп} > P_{ш}$  выбор  $620/75R26$

Радиус ведущего колеса  $D_o = 1590$   $H_{ш} = 21$

$$R_3 = \frac{D_o}{2} + K_{ш} \cdot H_{ш}, \text{м} \quad R_3 = 710 \text{ (это прототип)} \quad R_3 = \frac{1590}{2} + 0,85 \cdot 0,21 = 795$$

где  $D_o$  - диаметр обода колеса, м;  $K_{ш}$  - коэффициент деформации шины,  $K_{ш} = 0,80...0,85$  шины низкого давления;  $H_{ш}$  - высота профиля шины, м

Значение  $R_3$  выбирают, ориентируясь на трактор-прототип.

#### 1.2.2. Определение передаточных чисел трансмиссии

Передаточное число  $I_0$  главной и конечной передач выбирают, ориентируясь на трактор-прототип. Прототипом может служить трактор, у которого расчетная частота вращения коленчатого вала двигателя, радиус ведущего колеса и скорость движения на основных передачах незначительно отличаются от соответствующих параметров проектируемого трактора.

Передаточное число коробки на первой основной передаче определяется из условия обеспечения заданной скорости движения

$$I_{k1} = \frac{\pi \cdot R_3 \cdot n_3 \cdot (1 - K_{\delta\text{don}})}{30 \cdot I_o \cdot V_{\text{on}}} = \frac{3,14 \cdot 0,71 \cdot 1812 \cdot (1 - 0,18)}{30 \cdot 3,52 \cdot 1,9} = \frac{3312,53}{200,64} = 16,5$$

где  $n_3$  - частота вращения коленчатого вала двигателя на регуляторной ветви характеристики при  $K_{\vartheta 3}$ .

Как правило, передаточные числа коробки передач на основных передачах составляют геометрическую прогрессию, знаменатель которой рассчитывается:

$$q = \sqrt[m-1]{\frac{P_{k\min}}{P_{k\max}}},$$

$$g = \sqrt[4-1]{\frac{6,46}{10,65}} = \sqrt[3]{0,6065} = 0,85$$

где  $P_{k\max}$  - касательная сила тяги на первой основной передаче

$$P_{k\max} = P_{kph} + P_f \quad P_f = f \cdot g \cdot m,$$

$$P_{k\max} = 9 + (0,06 \cdot 9,8 \cdot 2,81) = 9 + 1,65 = 10,65$$

где  $P_{k\min}$  - касательная сила тяги на высшей основной передаче

$$P_{k\min} = P_{kp\min} + P_f$$

$$P_{k\min} = 4,81 + 1,65 = 6,46$$

Минимальное значение силы тяги на крюке  $P_{kp\min}$  на высшей основной передаче определяет тяговый диапазон трактора.

$$K_{TЯГ} = \frac{P_{kph}}{P_{kp\min}}$$

Тяговый диапазон трактора должен обеспечить выполнение всех работ с тяговым сопротивлением до предыдущего тягового класса и необходимым перекрытием тяговых зон тракторов соседних тяговых классов.

$$K_{TЯГ} = \frac{P_{kph} \cdot K_{PT}}{P_{kp\min}}, \quad K_{TЯГ} = \frac{9 \cdot 1,25}{6} = 1,87$$

где  $K_{PT}$  - коэффициент расширения тяговой зоны,  $K_{PT} = 1,25 \dots 1,30$ ;

$P_{kph}$  - номинальная сила тяги на крюке, установленная для тракторов предыдущего тягового класса.

$$P_{k\min} = \frac{P_{kph}}{P_{Tяг}} = \frac{9}{1,87} = 4,81$$

Для тракторов, закономерно не связанных с другими тяговыми классами можно принять  $K_{TЯГ} = 2,0$ . В случае расчета передаточных чисел по программе необходимо для такого трактора рассчитать номинальную силу тяги на крюке для "условного" предыдущего тягового класса, чтобы обеспечить значения тягового диапазона равное 2,0.

$$P_{kp\min} = \frac{K_{PT} \cdot P_{kph}}{2} \quad P_{kp\min} = 1,25 \cdot 9/2 = 5,62$$

Передаточные числа коробки передач на второй, третьей и т.д. передачах определится

$$I_{kn} = I_{Kn-1} \cdot q \quad \text{Так как у нас } I_{knh} = 16,5$$

$$I_{kh2} = 16,5 \cdot 0,85 = 14,02$$

$$I_{kh3} = 14,02 \cdot 0,85 = 11,92$$

$$I_{kh4} = 11,92 \cdot 0,85 = 10,13$$

где  $n$  - номер передачи

Передаточные числа коробки передач на высшей транспортной передаче должно обеспечить максимальную скорость движения

$$I_{KTP} = \frac{\pi \cdot R_3 \cdot n_3 \cdot (1 - K_{\delta TP})}{30 \cdot I_O \cdot V_{\delta mp}}$$

$$I_{ktp} = \frac{3,14 \cdot 795 \cdot (1 - 0,05)}{30 \cdot 3,52 \cdot 4,8} = \frac{2371,48}{506,88} = 4,67 \quad I_{ktp} = \frac{3,14 \cdot 795 \cdot (1 - 0,05)}{30 \cdot 3,52 \cdot 5,2} = \frac{2371,48}{549,12} = 4,31$$

Первый вариант = 4,67 Второй вариант 4,31

где  $K_{\delta TP}$  - буксование трактора при работе на транспорте;  $K_{\delta TP} = 0,03 \dots 0,05$  - колесный трактор,  $K_{\delta TP} = 0$  - гусеничный трактор,

Если перепад скоростей движения между высшей основной и высшей транспортной передачами достаточно велик, подбирают промежуточную транспортную передачу и рассчитывают передаточное число коробки.

$$V_{TP1} = \frac{(V_{\delta m} + V_{\delta mp})}{2} = \frac{(1,9 \div 4,8)}{2} = \frac{6,7}{2} = 3,35 \text{ Первый вариант}$$

$$V_{TP1} = \frac{(V_{\delta m} + V_{\delta mp})}{2} = \frac{(2,1 \div 5,2)}{2} = \frac{6,7}{2} = 3,65 \text{ Второй вариант}$$

### 1.2.3. Расчет текущих значений силы тяги на крюке

При выполнении курсового проекта все расчеты и построение теоретической тяговой характеристики рекомендуется выполнить для трех передач - первой основной, высшей основной и высшей транспортной по восьми значениям аргумента  $P_{kp}$ . Характер протекания кривых тяговой характеристики трактора в значительной степени определяется тем, на какой ветви регуляторной характеристики работает двигатель. Для удобства выполнения расчетов и построения теоретической тяговой характеристики целесообразно задаться восьми значениями крутящего момента двигателя и по ним определить силу тяги на крюке всех передач. Поэтому необходимо выбрать по четыре значения крутящего момента двигателя на регуляторной и безрегуляторной ветвях характеристики. Значения крутящего момента двигателя принимается из табл. 2 (строка № режимов).

Считая, что при равномерном движении на горизонтальном поле силу тяги на крюке можно определить

$$P_k = P_{kp} + P_f \Rightarrow D_{ed} = \frac{\dot{I}_a \cdot \hat{E}i\ddot{a}_{OD} \cdot I_0 \cdot I_e}{R_C} - P_f, \text{кН} \quad \frac{0,150 \cdot 0,88 \cdot 3,52 \cdot 16,5}{0,795} = 9,64$$

$$\text{КПД}_{tr} = 0,88 \quad I_0 = 3,52 \quad R=0,795$$

### 1.3. Расчет и построение теоретической тяговой характеристики

Тяговая характеристика трактора дает наглядное представление о тяговых и топливно-экономических показателях работы трактора. Она строится в функции силы тяги на крюке для установившегося режима работы тракторного агрегата на горизонтальном поле и относится к определенному почвенному фону. Обычно характеристика строится для нескольких наиболее типичных почвенных фонов.

При выполнении курсового проекта тяговая характеристика строится для одного почвенного фона (необработанная стерня нормальной влажности и средней плотности), в

учебных целях для трех передач (первая основная, высшая основная и транспортная). Построение производится на листе формата А1, который делится двумя взаимно-перпендикулярными линиями на четыре части таким образом, чтобы ось абсцисс проходила несколько ниже середины листа, а ось ординат сдвинута влево (рис. 1). Принимаем следующие допущения:

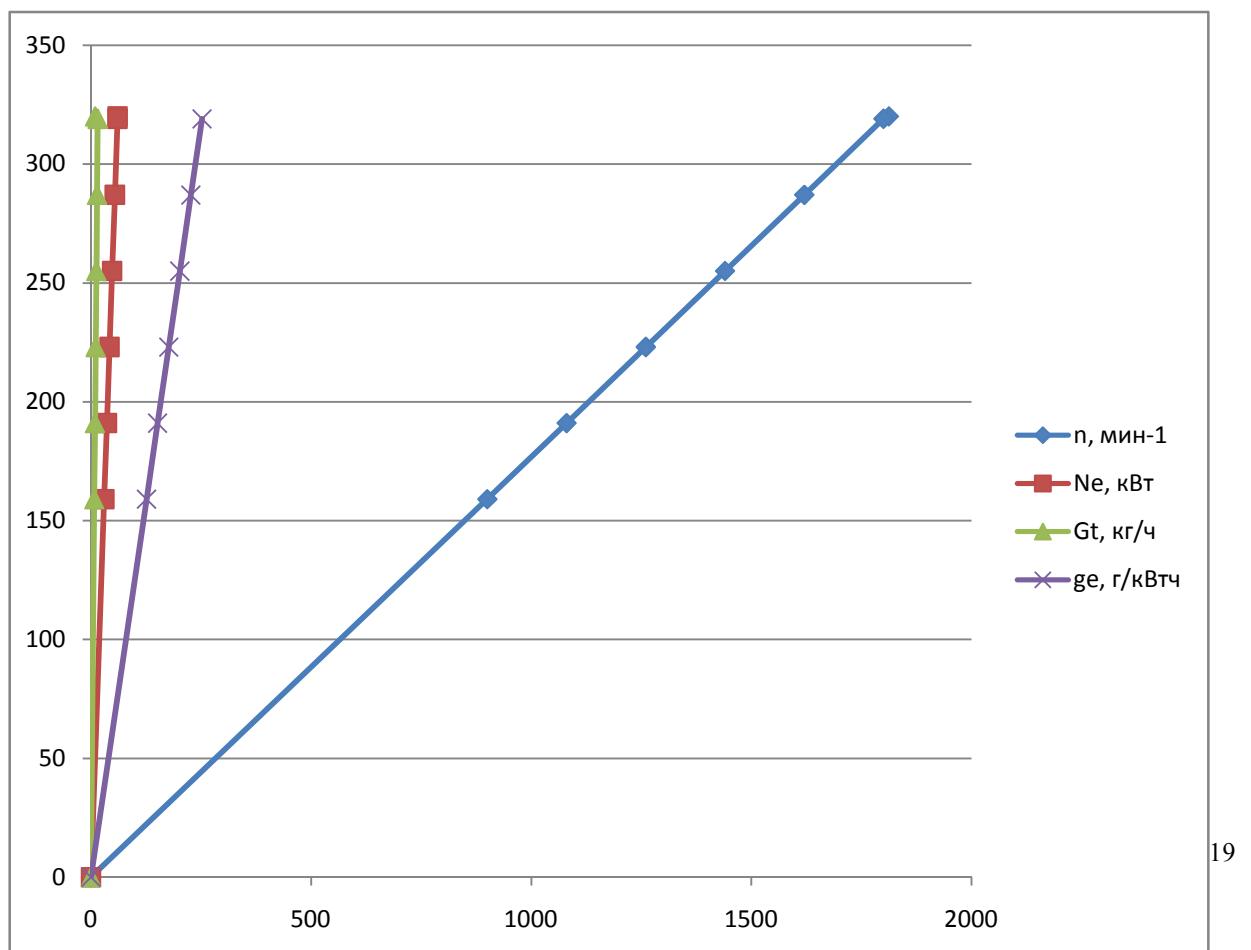
1.Коэффициент сопротивления качению сохраняет неизменное значение на всех режимах работы.

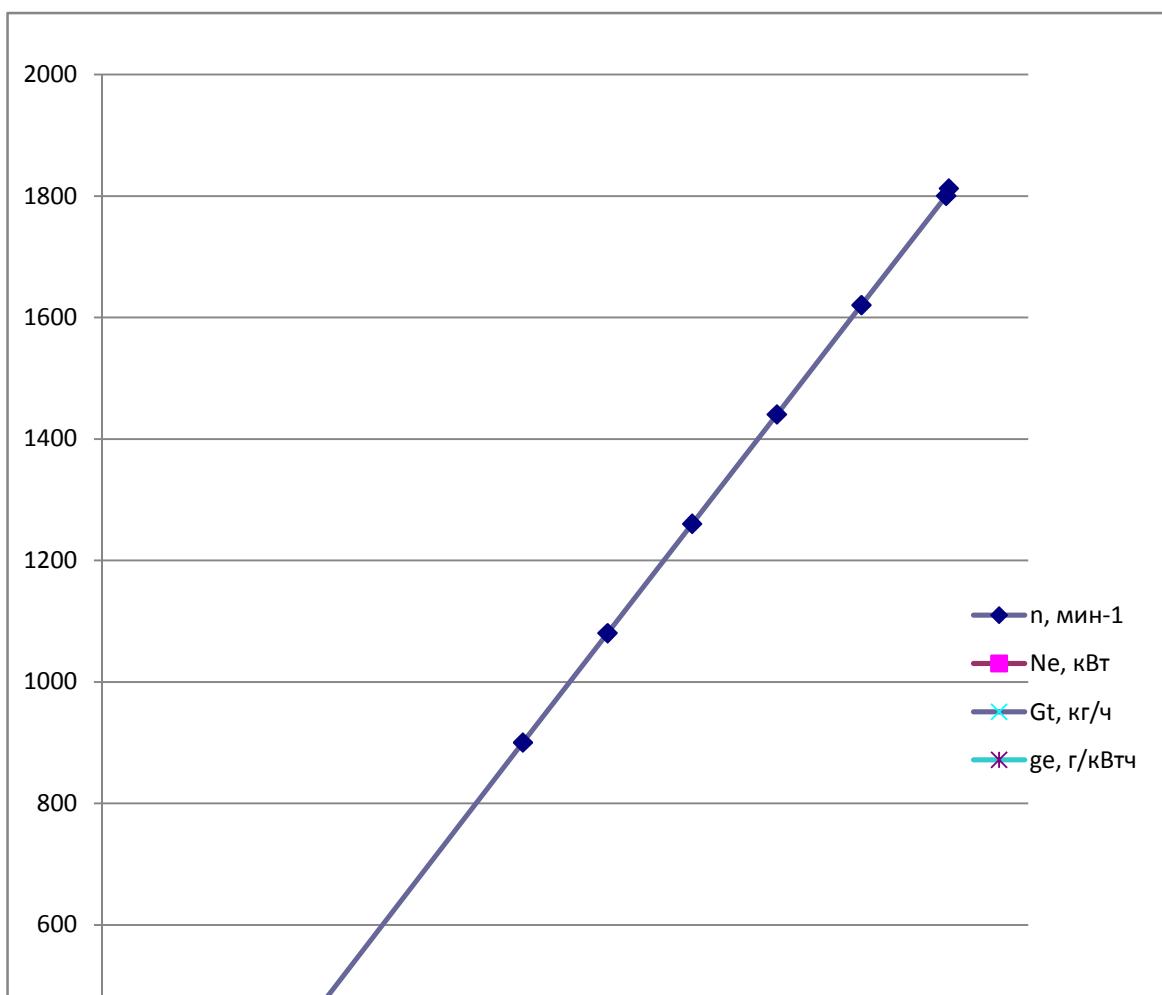
2.Механический КПД трансмиссии имеет постоянное значение независимо от степени загрузки двигателя.

### 1.3.1. Построение теоретической регуляторной характеристики

#### двигателя

Регуляторная характеристика  $n = f(M_e)$ ,  $N_e = f(M_e)$ , и  $G_t = f(M_e)$  строится в нижнем левом квадрате тяговой характеристики. От начала координат  $O$  по оси ординат вниз в выбранном масштабе откладывается крутящий момент двигателя, по оси абсцисс влево – частота вращения, мощность и часовой расход топлива. Числовые значения параметров приведены в таблице 2. Построение безрегуляторной ветви характеристики ограничиваются максимальным значением крутящего момента двигателя.





### 1.3.2. Построение лучей касательной силы тяги

Лучи касательной силы тяги строятся в нижнем правом квадрате характеристики. Ось абсцисс вправо от начала координат  $O$  будет представлять в выбранном масштабе силу тяги на крюке. Влево от начала координат в том же масштабе откладывается сила сопротивления качению  $P_f$  и полученная точка обозначается  $O1$ . Таким образом, ось абсцисс с началом координат в точке  $O1$  будет являться осью касательной силы тяги  $P_k$ . Отложив по одному текущему значению силу тяги на крюке  $P_{kp}$  при соответствующем значении крутящего момента  $M_e$  для трех передач, через полученные точки проводят прямые линии из начала координат  $O1$ . Справа лучи касательной силы тяги ограничиваются максимальным значением крутящего момента  $M_e$  или буксованием трактора на месте  $K_\delta = 1,0$ .

### 1.3.3. Построение зависимости буксования от силы тяги на крюке

Для построение зависимости  $K_\delta = f(P_{kp})$  можно взять реальную кривую буксования реального трактора-прототипа, полученную экспериментально. Прототипом, в данном случае, может служить только такой трактор, у которого при полной идентичности типа и конструктивных параметров движителя эксплуатационная и сцепная массы равны соответствующим массам проектируемого трактора (расхождение не должно превышать 5%). Кроме того, кривая буксования выбирается по почвенному фону, влажности и плотности почвы.

Расчетный способ построения зависимости буксования от силы тяги на крюке основан на применении эмпирических формул, полученных путем статистической обработки опытных данных. Для этого можно использовать формулу д.т.н. Н.Н. Трепененкова.

$$K_\delta = \frac{c \cdot K_{CM}}{1 - d \cdot K_{CM}^{-\kappa}}, \quad \frac{0,246 \cdot 0,256}{1 - 3,06 \cdot 0,256^3} = \frac{0,0631}{1 - 3,06 \cdot 0,0167} = \frac{0,0631}{1 - 0,051} = \frac{0,0631}{0,949} = \mathbf{0,066}$$

где  $c, d$  - коэффициенты;  $\kappa$  - показатель степени;  $K_{CM}$  - коэффициент использования сцепной массы,

$$K_{CM} = \frac{P_{kp}}{g \cdot m_{CL}}, \quad K_{CM} = \frac{6,72}{9,8 \cdot 2,67} = \frac{6,72}{26,16} = \mathbf{0,34}$$

Значения коэффициентов и показателя степени в формуле Н.Н. Трепененкова составляют

	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>k</i>
Колесный трактор	0,246	3,06	3
Гусеничный трактор	0,0333	1,377	2

Сцепная масса гусеничных и колесных 4×4 тракторов равна эксплуатационной  
 $m_{CQ} = m_{\vartheta}$

У колесных тракторов 4x2 сцепная масса изменится в зависимости от нагрузки на крюке и сопротивления качению  $K_{HBK}=0,85$   $P_f = 1,65$   $g=0,85$

$$m_{CQ} = m_{\vartheta} \cdot K_{HBK} + \frac{(P_{kp} \cdot h_{kp} + P_f \cdot R_3)}{g \cdot L} = 2,81 \cdot 0,85 + \frac{(9 \cdot 0,4 + 1,65 \cdot 0,795)}{0,85 \cdot 2,16} = 2,388 + \frac{3,6 + 1,31}{1,836} = \frac{4,91}{1,836} = 2,67$$

где  $h_{kp}$  - высота условной точки прицепа, можно принять  $h_{kp} = 0,4$  м – пахотный агрегат;  $L$  - продольная база трактора (принимается по прототипу).

Формула Н.Н. Трепененкова предназначена для расчета буксования трактора на стерне нормальной влажности и средней плотности. В пределах до  $K_{\delta} = 0,3$  для гусеничных и  $K_{\delta} = 0,4$  для колесных тракторов погрешность в несовпадении расчетной и эмпирической кривых не превышает 4%. Зависимость  $K_{\delta} = f(P_{kp})$  строится в правом верхнем квадрате характеристики.

#### 1.3.4. Построение лучей теоретических скоростей движения

Лучи теоретических скоростей движения строятся в левом верхнем квадрате характеристики с использованием выражения:

$$V_T = \frac{\pi \cdot R_3 \cdot n}{30 \cdot I_0 \cdot I_K} = \frac{3,14 \cdot 0,795 \cdot 1800}{30 \cdot 3,52 \cdot 16,51} = \frac{4493,34}{1743,45} = 2,57$$

Величину теоретической скорости движения на холостом ходу трактора определяют графически. Для этого точку пересечения луча касательной силы тяги с осью крутящего момента ( $P_{kp} = 0$ ) проецируют на регуляторную ветвь характеристики  $n = f(M_e)$  и далее на луч теоретической скорости движения данной передачи. Полученная точка соответствует скорости движения трактора на холостом ходу для данной передачи.

#### 1.3.5. Построение зависимости действительной скорости

##### движения от силы тяги на крюке

Величина действительной скорости движения определяется выражением:

$$V_d = V_T \cdot (1 - K_{\delta})$$

$V_d = 2,48 \cdot (1 - 0,067) = 2,31$  это для первого режима 1 передачи

Зависимости  $V_d = f(P_{kp})$  для различных передач строятся в правом верхнем квадрате характеристики.

#### 1.3.6. Построение зависимости тяговой мощности от силы тяги

##### на крюке

Величина тяговой мощности рассчитывается

$$N_{kp} = P_{kp} \cdot V_d \quad N_{kp} = 6,72 \cdot 2,31 = 15,52$$

Зависимости  $N_{kp} = f(P_{kp})$  для различных передач строятся в правом верхнем квадрате характеристики.

### 1.3.7. Построение зависимости мгновенного расхода топлива

#### от силы тяги на крюке

Из начала координат  $O1$  восстанавливается перпендикуляр к оси абсцисс и на нем вверх откладывается отрезок, равный в выбранном масштабе мгновенному расходу топлива на холостом ходу двигателя. Откладывая рассчитанные ранее значения силы тяги на крюке, проектируют данную точку на луч касательной силы тяги соответствующей передачи и далее на зависимость  $G_T = f(M_e)$ . Полученный часовой расход топлива откладывается на ординате, соответствующей данному значению силы тяги на крюке. Зависимости  $G_T = f(P_{kp})$  строятся в правом верхнем квадрате характеристики.

### 1.3.8. Построение зависимости удельного тягового расхода топлива от силы тяги на крюке

Величина удельного тягового расхода топлива определяется выражением:  

$$g_{kp} = 10^3 \cdot 11,65 \cdot 15,52 = 750,27$$

$$g_{kp} = \frac{10^3 \cdot G_T}{N_{kp}}$$

Зависимости  $g_{kp} = f(P_{kp})$  строятся в правом верхнем квадрате характеристики.

### 1.3.9. Построение зависимости тягового КПД от силы тяги на крюке

Величина тягового КПД рассчитывается для случая, когда механизм отбора мощности отключен.

$$Knd_{Tяг} = \frac{N_{kp}}{N_e}$$

Зависимость  $Knd_{Tяг} = f(P_{kp})$  строятся в правом верхнем квадрате характеристики.

$$\text{КПД}_{\text{тяг}} = \frac{15,52}{18,90} = 0,82 \text{ это первая передача 1 режим}$$

Результаты расчетов оформляются в итоговой таблице 3.

3. Теоретическая тяговая характеристика трактора

**Итоговый вариант 1**  
передача 1  
вариант

№ реж.	1	2	3	4	5	6	7	8
P кр.	6, ,72	8, ,17	9, ,64	1, 0,75	1, 1,57	1, 2,19	1, 2,58	1, 2,77
K б.	0, ,067	0, ,085	0, ,107	0, ,128	0, ,148	0, ,166	0, ,179	0, ,186
V т.	2, ,48	2, ,53	2, ,56	2, ,58	2, ,32	2, ,06	1, ,81	1, ,55
V д.	2, ,31	2, ,31	2, ,29	2, ,25	1, ,98	1, ,72	1, ,48	1, ,26
N кр.	1, 5,52	1, 8,90	2, 2,03	2, 4,16	2, 2,89	2, 0,97	1, 8,64	1, 6,08
g кр.	7, 50,27	5, 20,83	3, 91,63	3, 28,63	3, 24,49	3, 26,28	3, 33,40	3, 45,01

ПДтяг.	К	0 ,82	0 ,81	0 ,79	0 ,77	0 ,75	0 ,73	0 ,72	0 ,72
--------	---	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

**Итоговый вариант 2**  
**передача** вариант

№ реж.	1	2	3	4	5	6	7	8
P кр.	5 ,71	6 ,95	8 ,19	9 ,13	9 ,83	1 ,036	1 ,069	1 ,085
K б.	0 ,055	0 ,069	0 ,085	0 ,099	0 ,110	0 ,120	0 ,127	0 ,130
V т.	2 ,91	2 ,97	3 ,01	3 ,03	2 ,73	2 ,43	2 ,12	1 ,82
V д.	2 ,75	2 ,77	2 ,76	2 ,74	2 ,43	2 ,14	1 ,85	1 ,58
N кр.	1 5,71	1 9,22	2 2,57	2 4,98	2 3,90	2 2,12	1 9,83	1 7,18
g кр.	7 41,39	5 12,16	3 82,21	3 17,86	3 10,77	3 09,33	3 13,42	3 22,87
K ПДтяг.	0 ,83	0 ,82	0 ,80	0 ,79	0 ,78	0 ,77	0 ,77	0 ,76

**Итоговый вариант 3**  
**передача** вариант

№ реж.	1	2	3	4	5	6	7	8
P кр.	4 ,85	5 ,91	6 ,96	7 ,76	8 ,36	8 ,80	9 ,09	9 ,22
K б.	0 ,047	0 ,058	0 ,069	0 ,079	0 ,087	0 ,094	0 ,098	0 ,100
V т.	3 ,43	3 ,50	3 ,54	3 ,57	3 ,21	2 ,86	2 ,50	2 ,14
V д.	3 ,27	3 ,30	3 ,30	3 ,29	2 ,93	2 ,59	2 ,25	1 ,93
N кр.	1 5,86	1 9,46	2 2,95	2 5,52	2 4,52	2 2,79	2 0,49	1 7,78
g кр.	7 34,48	5 05,79	3 75,85	3 11,17	3 02,92	3 00,30	3 03,34	3 12,00
K ПДтяг.	0 ,84	0 ,83	0 ,82	0 ,81	0 ,80	0 ,80	0 ,79	0 ,79

**Итоговый вариант 4**  
**передача** вариант

№ реж.	1	2	3	4	5	6	7	8
P кр.	4 ,12	5 ,02	5 ,92	6 ,60	7 ,11	7 ,48	7 ,73	7 ,84
K	0	0	0	0	0	0	0	0

б.	,039	,048	,058	,065	,071	,076	,079	,080
т.	V ,03	4 ,11	4 ,17	4 ,20	3 ,78	3 ,36	2 ,94	2 ,52
д.	V ,87	3 ,92	3 ,93	3 ,93	3 ,51	3 ,11	2 ,71	2 ,32
кр.	N 5,98	1 9,65	2 3,24	2 5,91	2 4,95	2 3,24	2 0,93	1 8,17
кр.	g 28,91	7 00,84	5 71,15	3 06,48	2 97,64	2 94,47	2 97,02	3 05,27
ПДтяг.	K ,85	0 ,84	0 ,83	0 ,82	0 ,82	0 ,81	0 ,81	0 ,81

**Итоговый вариант 1**  
**передача** 2  
**вариант**

№ реж.	1	2	3	4	5	6	7	8
P кр.	7 ,42	9 ,03	1 0,65	1 1,88	1 2,79	1 3,47	1 3,91	1 4,11
K б.	0 ,075	0 ,097	0 ,126	0 ,156	0 ,187	0 ,217	0 ,242	0 ,255
V т.	2 ,48	2 ,53	2 ,56	2 ,58	2 ,32	2 ,06	1 ,81	1 ,55
V д.	2 ,29	2 ,28	2 ,24	2 ,18	1 ,89	1 ,61	1 ,37	1 ,15
N кр.	1 7,00	2 0,60	2 3,82	2 5,84	2 4,13	2 1,75	1 9,03	1 6,26
g кр.	6 99,76	4 89,88	3 72,65	3 39,63	3 40,15	3 47,76	3 60,95	3 76,92
K ПДтяг.	0 ,81	0 ,79	0 ,77	0 ,74	0 ,71	0 ,69	0 ,67	0 ,66

**Итоговый вариант 2**  
**передача** 2  
**вариант**

№ реж.	1	2	3	4	5	6	7	8
P кр.	6 ,31	7 ,68	9 ,05	1 0,09	1 0,87	1 1,45	1 1,82	1 1,99
K б.	0 ,062	0 ,078	0 ,097	0 ,115	0 ,131	0 ,145	0 ,155	0 ,160
V т.	2 ,91	2 ,97	3 ,01	3 ,03	2 ,73	2 ,43	2 ,12	1 ,82
V д.	2 ,73	2 ,74	2 ,72	2 ,69	2 ,37	2 ,08	1 ,80	1 ,53
N кр.	1 7,24	2 1,04	2 4,61	2 7,11	2 5,80	2 3,77	2 1,22	1 8,35
g кр.	6 90,00	4 79,80	3 60,78	3 23,75	3 18,11	3 18,19	3 23,69	3 34,15

К ПДтяг.	0 ,83	0 ,81	0 ,79	0 ,78	0 ,76	0 ,75	0 ,74	0 ,74
-------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

**Итоговый вариант 3**  
**передача** вариант

№ реж.	1	2	3	4	5	6	7	8
P кр.	5 ,36	6 ,53	7 ,69	8 ,58	9 ,24	9 ,73	1 ,05	1 ,019
K б.	0 ,052	0 ,064	0 ,078	0 ,090	0 ,100	0 ,109	0 ,114	0 ,117
V т.	3 ,43	3 ,50	3 ,54	3 ,57	3 ,21	2 ,86	2 ,50	2 ,14
V д.	3 ,25	3 ,27	3 ,27	3 ,25	2 ,89	2 ,55	2 ,21	1 ,89
N кр.	1 ,743	2 ,135	2 ,512	2 ,786	2 ,671	2 ,477	2 ,24	1 ,928
g кр.	6 82,60	4 72,73	3 53,35	3 14,97	3 07,33	3 05,31	3 08,90	3 17,97
K ПДтяг.	0 ,83	0 ,82	0 ,81	0 ,80	0 ,79	0 ,78	0 ,78	0 ,78

**Итоговый вариант 4**  
**передача** вариант

№ реж.	1	2	3	4	5	6	7	8
P кр.	4 ,56	5 ,55	6 ,54	7 ,29	7 ,85	8 ,27	8 ,54	8 ,66
K б.	0 ,044	0 ,054	0 ,065	0 ,073	0 ,081	0 ,086	0 ,090	0 ,092
V т.	4 ,03	4 ,11	4 ,17	4 ,20	3 ,78	3 ,36	2 ,94	2 ,52
V д.	3 ,86	3 ,89	3 ,90	3 ,89	3 ,48	3 ,07	2 ,68	2 ,29
N кр.	1 ,758	2 ,160	2 ,550	2 ,838	2 ,730	2 ,540	2 ,285	1 ,983
g кр.	6 76,73	4 67,38	3 48,11	3 09,19	3 00,66	2 97,79	3 00,60	3 09,08
K ПДтяг.	0 ,84	0 ,83	0 ,82	0 ,82	0 ,81	0 ,80	0 ,80	0 ,80

#### 1.4. Анализ тяговых качеств трактора

Анализируя результаты тягового расчета трактора, необходимо:

1. Оценить соответствие расчетных параметров проектируемого трактора заданию на проектирование. Определить в процентах расхождение этих параметров и объяснить причину.
2. Сравнить параметры проектируемого трактора и трактора-прототипа.
3. По графику теоретической тяговой характеристики определить:

а) Величину буксования при номинальной силе тяги на крюке, сравнить ее с допустимым значением. При необходимости наметить мероприятия по снижению буксования.

б) Тяговый диапазон трактора с учетом кривой буксования и места проектируемого трактора в типаже.

Дать рекомендации по эксплуатации трактора.

в) Минимальный удельный тяговый расход топлива и соответствующее значение силы тягового сопротивления, дать рекомендации по эксплуатации трактора.

г) Максимальное значение тягового КПД трактора и соответствующую ему силу тягового сопротивления, сравнить ее с номинальной силой тяги на крюке и дать рекомендации по эксплуатации трактора.

д) Максимальное значение тяговой мощности и соответствующее ей тяговое сопротивление (предварительно необходимо провести огибающую кривых  $N_{kp} = f(P_{kp})$  для всех передач).

#### **1.4.1. Соответствие расчетных параметров проектируемого трактора заданию на проектирование:**

	По заданию	Проектир. I вариант	Расход., %	Проектир. II вариант	Расход., %	Расход., % в сравнении I и II вариантов
Vдн, м/с	2,1	2,18	3,6	2,25	5,7	2,1
Vдт р, м/с	5,2	4,03	22,5	3,27	28,7	6,2
P <sub>kp</sub> , кН.	9	1 1,88	23,7	1 0,75	16,35	7,35

#### **1.4.2. Сравнение параметров проектируемого трактора и трактора-прототипа**

	T-40M	Проектир. I вариант	Проектир. II вариант
Тяговый класс	9	11,88	10,75
Двигатель	Колесный 4x2	Колесный 4x2	Колесный 4x2
Мощность, кВт.	58,8	34,8	31,51
Частота вращения, об/мин.	1800	1800	1800

$m_0$ , т.	2,76	2,81	2,81
Удельная мощность, кВ.	21,3	12,6	11,4

#### 1.4.3. По графику теоретической тяговой характеристики определяем:

а) Буксование трактора при номинальной силе тяги на крюке:

$K_0=0,15 < K_{бдоп}=0,16$  – трактор соответствует своему тяговому классу.

б) Тяговый диапазон трактора:

$$K_{m_{\text{т}}}= \frac{P_{kp\max}}{P_{kp\min}}; \quad P_{kp\max}=10,65 \text{ кН}, \quad P_{kp\min}=6,46 \text{ кН}, \quad \hat{E}_{m_{\text{т}}} = \frac{10,65}{6,46} = 1,648.$$

Наибольшая тяговая мощность:

$N_{kp}=25,84 \text{ кВт}$  при  $P_{kp}=11,88 \text{ кН}$ .

$N_{kp}=24,16 \text{ кВт}$  при  $P_{kp}=10,75 \text{ кН}$ .

Наименьший тяговый расход топлива:

$g_{kp}=328,6 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$  при  $P_{kp}=10,75 \text{ кН}$ .

$g_{kp}=339,6 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$  при  $P_{kp}=11,88 \text{ кН}$ .

Наибольший тяговый КПД трактора:

$K_{пдтяг}=0,77$  при  $P_{kp}=10,75 \text{ кН}$ .

$K_{пдтяг}=0,74$  при  $P_{kp}=11,88 \text{ кН}$ .

Эксплуатация в оптимальном тяговом диапазоне:

От 8 до 12 кН

#### Список использованной литературы:

- Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства

- [Текст] : учебник / Г. М.Кутьков. - Москва : КолосС, 2004. - 504 с.
2. Скотников, В. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля [Текст] : учебное пособие / В. А. Скотников, А. А. Мащенский, А. С. Солонский ; ред. В. А. Скотников. - Москва : Агропромиздат , 1986. - 383 с.
3. Асманкин, Е. М. Теория тракторов и автомобилей в вопросах и ответах [Текст] : учебное пособие / Е.М.Асманкин, А.Ф.Башков, Э.А.Цибарт. - Оренбург : ОГСХА, 1995. - 88 с.
4. Чудаков Д.А. «Основы теории и расчета трактора и автомобиля», М., Колос 1972 г.

## **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ**

### **5.1 Системный подход и системный анализ при проектирование мобильных энергетических средств**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на системный подход при проектировании МЭС.

### **5.2 Математическое моделирование мобильных систем и энергетических модулей**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на основные моменты математического моделирования мобильных систем.

### **5.3 Методические принципы проектирования технологических процессов и мобильных систем в САПР**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на принципы проектирования технологических процессов

### **5.4 Построение физических моделей и математическое описание экспериментальных исследований МЭС**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на основные моменты построения физических моделей экспериментальных исследований МЭС.

### **5.5 Общие задачи механики тягово-транспортных систем**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на основные задачи механики тягово-транспортных систем

### **5.6 Задачи тяговой динамики тягово-транспортных систем.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на основные задачи тяговой динамики систем

### **5.7 Задачи безопасности тягово-транспортных систем.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на основные задачи безопасности тягово-транспортных систем

### **5.8 Задачи эргономичности тягово-транспортных систем**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на основные задачи эргономичности тягово-транспортных систем

## **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ**

Не предусмотрено.