

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова»**

Кафедра **«Транспортные системы и эксплуатация машинно-тракторного парка»**

Методические указания одобрены Ученым советом ФГБОУ ВО Курская ГСХА Протокол № 8 от «27 августа 2018 г.	
---	--

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ»**

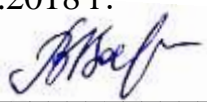
Направление подготовки бакалавров: 35.03.06 Агроинженерия  
Профиль *«Технические системы в АПК»*

Факультет: инженерный

Форма обучения: очная

**Лист рассмотрения/пересмотра  
методических рекомендаций  
по выполнению курсового проекта**

Методические указания рассмотрены и одобрены на 2018-2019 учебный год.  
Протокол № 1 заседания кафедры транспортные системы и эксплуатация  
машинно-тракторного парка от 24.08.2018 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  В.И. Варавин

## Цели задачи курсового проекта

Важнейшим компонентом образовательного процесса является подготовка и защита курсового проекта, цель которого заключается в закреплении теоретических знаний и приобретении практических навыков по тракторам и автомобилям, теоретическом расчёте скоростной характеристике двигателя, и его построении, тяговом расчёте трактора и экономическом расчёте автомобиля, и их построении.

Цель написания курсового проекта:

- формирование у обучающихся глубокой системы знаний по устройству и конструкции тракторов и автомобилей, необходимых для эффективной эксплуатации этих машин в агроинженерии.

Задачи написания курсового проекта:

- научить обучающихся, осуществлять основные регулировки систем и механизмов тракторов и автомобилей;
- дать знания обучающимся по устройству, рабочим процессам и регулировкам основных моделей тракторов и автомобилей;
- подготовить обучающихся к рациональному и эффективному использованию автомобилей и тракторов, их технологическому оборудованию и комплексам на их базе.

В результате подготовки, написания и защиты курсового проекта обучающиеся должны:

знать:

- основные термины и определения автомобилей и тракторов;
- основные направления и тенденции развития автомобилей и тракторов;
- современное состояние научных знаний, необходимых для высокоэффективного использования тракторов и автомобилей в агропромышленном комплексе, перспективах и направлениях их развития;
- устройство, техническое обслуживание, рабочий процесс и регулировки тракторов и автомобилей;
- расчёт основных параметров систем и механизмов тракторов и автомобилей.

уметь:

- производить диагностирование механизмов и систем тракторов и автомобилей;
- обоснованно выбирать тип трактора с техническими и конструктивными параметрами, соответствующими технологическим требованиям его работы в данном хозяйстве;
- выполнять регулирование систем и механизмов на тракторе, автомобиле и на специальных стендах;
- пользоваться правилами технического обслуживания и ремонта тракторов и автомобилей отечественного и зарубежного производства;
- квалифицированно решать вопросы замены отказавших изделий систем и механизмов, в том числе зарубежных на отечественные;
- самостоятельно осваивать конструкцию, диагностирование, эксплуатацию новых конструкций механизмов и систем тракторов и автомобилей.

владеть:

- навыками регулирования механизмов и систем, тракторов и автомобилей;
- операциями технического обслуживания и ремонта, тракторов и автомобилей;
- навыками диагностирования и эксплуатации, тракторов и автомобилей.

При подготовке, выполнении и защите курсового проекта по дисциплине «Тракторы и автомобиля» у обучающихся формируются следующие компетенции:

- ПК-7 - готов к участию в проектировании новой техники и технологии;
- ПК-8 – готов к профессиональной эксплуатации машин и технологического оборудования и электроустановок.

## План и структура курсового проекта

Тема курсового проекта обучающемуся назначается согласно приказа деканата инженерного факультета ФГБОУ ВО Курская ГСХА, примерная тематика курсовых проектов представлена в настоящем методическом указании в п. 3

Курсовой проект состоит из двух частей - тягового расчёта трактора и расчёта экономической характеристики автомобиля.

При выполнении первой части проекта производятся: расчёт основных параметров трактора, расчёт скоростной характеристики и определение основных индикаторных и эффективных показателей двигателя, расчёт теоретической тяговой характеристики трактора, на основании которой необходимо комплектовать два машинно-тракторных агрегата и определить для них наивыгоднейшие тягово-скоростные и топливно-экономические показатели. Исходными данными для расчёта принимаются:

- номинальная сила тяги трактора;
- скорости трактора на низшей и высшей рабочих передачах, т.е. диапазон рабочих скоростей;
- номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя;
- удельный расход топлива двигателя;
- марку трактора-аналога, по которому принимаются недостающие данные для расчёта.

Вторая часть проекта посвящена расчёту экономической характеристики автомобиля. Исходными данными для этого являются:

- тип дорожного покрытия;
- максимальная скорость автомобиля;
- модель автомобиля-аналога, по которому принимаются недостающие данные для расчёта.

По экономической характеристике определяют экономичную скорость для гружёного автомобиля для заданного типа дорожного покрытия, характеризуемого приведенным (суммарным) коэффициентом дорожного сопротивления.

Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию, выдаваемому вместе с методическими указаниями и должен содержать:

- расчетно-пояснительную записку, выполненную на стандартных листах бумаги формата А4 и графики, выполненные карандашом на листе миллиметровой бумаги формата А4 – характеристики двигателей трактора и автомобиля и А3 –тяговая характеристика трактора или выполненные в компьютерном исполнении для тех же форматов. Бланк задания курсового проекта представлен ниже.

## Бланк задания на курсовой проект

Курская государственная сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова

Кафедра «Транспортные системы и ЭМТП»

### ЗАДАНИЕ

на курсовой проект по дисциплине «Тракторы и автомобили»  
для обучающихся инженерного факультета (направление подготовки бакалавров 35.03.06 «Агроинженерия»)

Обучающемуся \_\_\_\_\_ курс \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

1. Рассчитать скоростную характеристику тракторного дизельного двигателя и построить её в функциях  $n_e$ ,  $N_e$  и  $M_e$ .
2. Выполнить тяговый расчет трактора и построить его теоретическую тяговую характеристику на стерне колосовых согласно следующих исходных данных.
- 3.

Трактор		Номинальная сила тяги $R_{крН}$ , кН	Скорость трактора, км/ч		Номинальная частота вращения коленвала $n_{eН}$ , мин <sup>-1</sup>	Номинальный удельный расход топлива $g_{eН}$ , г/(кВт·ч)
тип	прототип (аналог)		при номинальной тяге $v_H$	высшая рабочая $v_B$		

4. Рассчитать экономическую характеристику автомобиля \_\_\_\_\_ на дороге, характеризуемой приведенным коэффициентом  $\psi = \underline{\hspace{2cm}}$ . Номинальная частота вращения коленвала двигателя  $n_{eН} = \underline{\hspace{2cm}}$  мин<sup>-1</sup>.

Пользуясь полученным графиком, определить экономичную скорость автомобиля.

5. Расчётно–пояснительная записка оформляется на стандартной писчей бумаге с соблюдением требований ЕСКД.

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Срок сдачи выполненной работы \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

# 1. Тяговый расчёт трактора

## 1.1 Цель тягового расчёта и исходные данные

Высокие тягово-сцепные и экономические показатели трактора будут получены только в случае оптимального соотношения основных его параметров, которые определяются расчётным путем. Их взаимосвязь характеризует основные эксплуатационные качества тракторов.

Задачей тягового расчёта трактора является определение следующих основных его параметров:

- общей (эксплуатационной) и конструкционной (сухой) масс;
- максимальной эксплуатационной мощности двигателя;
- передаточных чисел трансмиссии и расчётных скоростей по передачам.

Тяговый расчёт может проводиться как в качестве проверочного, для проверки параметров существующего трактора, так и при проектировании нового. При втором варианте для использования исходных данных конструктивного характера необходим аналог проектируемого трактора того же тягового класса, т.е. трактор должен быть рассчитан на выполнение всех работ, соответствующих его тяговому классу.

Исходными данными к тяговому расчёту трактора являются:

- назначение, тип ходовой части и его колёсная формула;
- номинальная сила тяги, характеризующая его тяговый класс;
- низшая и высшая скорости движения в рабочем (основном) диапазоне;
- аналог трактора, по которому устанавливается соответствие конструкционной массы, количество передач рабочего диапазона, транспортных передач, радиус качения ведущих колёс;
- перечень основных выполняемых работ и агрегируемых орудий;
- почвенно-климатические условия работы трактора;
- лимитируемые размеры трактора.

## 1.2 Определение массы трактора

Масса трактора оказывает большое влияние на его тягово-сцепные и экономические показатели. При большой её величине будут больше затраты мощности на качение, а при меньшей - больше теряется мощности на буксование, т.е. в том и другом случаях топливная экономичность трактора будет ухудшаться. Кроме того, от массы зависит давление трактора на почву.

Поэтому максимальное значение эксплуатационной массы должно быть выбрано таким образом, чтобы при работе трактора на не лущённой стерне колосовых культур на низшей рабочей скорости и номинальной тяговой нагрузке буксование ведущих органов не превышало допустимую норму, установленную стандартом. Эта норма имеет следующие допустимые пределы: 18 % для тракторов с колёсной формулой 4К2; 16 % для тракторов с колёсной формулой 4К4 и 5 % для гусеничных тракторов.

Это требование при установившемся движении на горизонтальном участке выразится следующим уравнением:

$$P_k = P_{крн} + P_f,$$

где  $P_k$  - касательная сила тяги, развиваемая двигателем на ведущих органах (колёсах или звёздочках), Н;

$P_{крн}$  - номинальная сила тяги трактора, Н;

$P_f$  - сила сопротивления качению, Н, определяемая из выражения:

$$P_f = m_э \cdot g \cdot f,$$

где  $m_э$  - эксплуатационная масса трактора, кг;

$g$  - ускорение свободного падения 9,82 м/с<sup>2</sup>;

$f$  - коэффициент сопротивления качению, значения которого для заданного почвенного фона приведены в приложении Г.

При работе трактора в указанных условиях максимальное значение касательной силы тяги на ведущих органах будет ограничиваться условием сцепления его движителей с почвой, которое определится из выражения:

$$P_{кmax} = m_э \cdot g \cdot \lambda_k \cdot \varphi_{дон},$$

где  $P_{кmax}$  - максимальная касательная сила тяги на ведущих органах трактора по сцеплению, Н;

$\lambda_k$  - коэффициент нагрузки ведущих колёс;

$\varphi_{дон}$  - допустимый коэффициент сцепления движителей с почвой, характеризующий степень использования сцепного веса, которого можно достичь в данных почвенных условиях при допустимом буксовании движителей.

Для тракторов с пневматическими колёсами значение коэффициента использования сцепного веса  $\varphi_{дон}$  в зависимости от конструкции и размеров ведущих колёс принимается равным 0,5...0,65, а для гусеничных тракторов - 0,55...0,65.

Учитывая, что во время работы трактора с номинальной тяговой нагрузкой имеет место значительное перераспределение массы между передними и задними колёсами, коэффициент нагрузки для тракторов колёсной формулы 4К2 принимают равным  $\lambda_k = 0,75...0,8$ .

Для тракторов колёсной формулы 4К4 и гусеничных их эксплуатационная масса вся участвует в сцеплении с почвой, поэтому коэффициент нагрузки для них равен единице.

Подставив значения максимальной касательной силы тяги по сцеплению с почвой и силы сопротивления качению в исходную формулу, получим выражение для определения эксплуатационной массы трактора:

$$m_э \cdot g \cdot \lambda_k \cdot \varphi_{дон} - m_э \cdot g \cdot f = P_{крн};$$

$$m_э = \frac{P_{крн}}{g(\lambda_k \cdot \varphi_{дон} - f)}.$$

Конструкционная (сухая) масса  $m_k$  - это масса трактора в не заправленном состоянии без тракториста, инструмента, дополнительного оборудования, балласта. Для большинства тракторов она находится в пределах:

$$m_k = (0,90...0,93)m_э.$$

После определения конструкционной массы проектируемого трактора её необходимо сравнить с той же массой трактора-аналога.

### 1.3 Определение номинальной мощности двигателя



При определении мощности тракторного двигателя необходимо учитывать особенности тягового режима трактора, заключающегося в том, что силы сопротивления движению тракторного агрегата имеют неустановившийся характер и во время работы непрерывно колеблются в широких пределах. Колебания нагрузки происходят в результате влияния микрорельефа поля, особенностей технологического процесса выполняемой операции, неравномерности сопротивления качению и других факторов.

Резерв мощности необходим для преодоления возникающих кратковременных перегрузок, а также для обеспечения разгона тракторного агрегата без переключения передач. Поэтому тракторный агрегат необходимо комплектовать так, чтобы номинальный крутящий момент двигателя был больше среднего момента сопротивления, приведенного к коленвалу, на 15...20 %.

Учитывая вышеизложенное, номинальная мощность двигателя  $N_{en}$ , кВт определяется по формуле:

$$N_{en} = \frac{(P_{крн} + m_3 \cdot g \cdot f) \cdot v_n}{\eta_m \cdot \kappa_3 \cdot 3,6},$$

где  $v_n$  - низшая рабочая скорость, км/ч;

$\kappa_3$  - коэффициент эксплуатационной нагрузки тракторного двигателя, зависящий от динамических качеств двигателя и колебаний сопротивлений движению трактора, принимается равным 0,8...0,85;

$\eta_m$  - КПД, учитывающий потери мощности в трансмиссии трактора и определяется из выражения:

$$\eta_m = \eta_u^{n_1} \cdot \eta_k^{n_2} \cdot \eta_x,$$

где  $\eta_u$  и  $\eta_k$  - КПД соответственно цилиндрической и конической пар шестерён, равные:

$$\eta_u = 0,985 \text{ и } \eta_k = 0,975;$$

$n_1$  и  $n_2$  - степенные показатели числа пар соответственно цилиндрических и конических шестерён, находящихся в зацеплении;

$\eta_x$  - КПД, учитывающий потери мощности на холостом ходу, равный 0,96.

Значения механического КПД автомобильных и тракторных передач шестерённого типа при нагрузках, близких к номинальным (расчётным), находятся в пределах 0,88...0,93. Поэтому с допустимой погрешностью эти значения можно принимать для учебных расчётов.

Расчитанная мощность двигателя округляется до ближайшего большего целого числа и является минимальной для данного трактора. Она может быть увеличена, если трактор предполагается использовать на более высоких скоростях, чем расчётные или с отбором мощности через ВОМ. Правильность выбора основных расчитанных параметров трактора можно проверить по энергонасыщенности  $\mathcal{E}$ , кВт/т, определяемой из выражения:

$$\mathcal{E} = \frac{N_e}{m_k}.$$

Значения величины энергонасыщенности должны находиться в следующем диапазоне: 13,7...16,7 кВт/т для колёсных и 11,8...15,7 кВт/т для гусеничных тракторов.

## 1.4 Определение рабочих скоростей и передаточных чисел трансмиссии трактора

Тракторы сельскохозяйственного назначения вследствие разнообразия выполняемых работ имеют три группы передач:

- замедленные (технологические) - для получения особо низких скоростей, ограничивающихся условиями выполнения технологического процесса и в зависимости от тягового класса трактора, находящиеся в пределах 0,25...3,6 км/ч;
- основные (рабочие) - для выполнения большинства сельскохозяйственных операций и находящиеся в пределах 5,0...13 км/ч;
- повышенные (транспортные) - для выполнения транспортных операций и движения трактора на холостом ходу, достигающих 18...20 км/ч для гусеничных и 33...35 км/ч для колёсных тракторов.

Тяговый расчёт выполняется только для основного диапазона передач. Остаётся решить вопрос о рациональном соотношении между его отдельными передачами. Обычно ряд основных передач трактора строят по принципу геометрической прогрессии, хотя примерно равноценные результаты получаются при применении других вариантов рядов - арифметического и гармонического. Тем не менее, наиболее распространённый метод определения передаточных чисел базируется на геометрической прогрессии, из ряда которой:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{v_3}{v_2} = \dots = \frac{v_n}{v_{n-1}} = q,$$

определяется её знаменатель  $q$  по формуле:

$$q = \sqrt[n-1]{\frac{v_6}{v_n}},$$

где  $v_6$  - скорость на высшей рабочей передаче, км/ч;

$n$  - количество рабочих передач.

Зная знаменатель геометрической прогрессии, можно определить расчётные скорости трактора на промежуточных передачах по выражениям:

$$v_1 = v_n; v_2 = v_1 \cdot q; v_3 = v_2 \cdot q; v_n = v_{n-1} \cdot q.$$

Число транспортных передач и скорости для них выбираются в зависимости от типа трактора и типа его ходовой части. Так для гусеничного трактора ограничиваются одной передачей, а для колёсного - не менее двух.

Для получения пониженных скоростей в трансмиссию трактора устанавливается специальный ходоуменьшитель.

Передаточные числа трансмиссии  $i_{mp}$  трактора для рабочих передач определяются по формуле:

$$i_{mp} = 0,377 \cdot \frac{n_{en} \cdot r_k}{v},$$

где  $n_{en}$  - номинальная частота вращения коленвала двигателя, выбираемая из аналога или по достигнутому уровню оборотности, мин<sup>-1</sup>;

$r_k$  - радиус качения ведущих колёс, м.

Радиус качения ведущих колёс для трактора выбирается из трактора-аналога (приложения А, Б) или подсчитывается для колёсного по следующей формуле:

$$r_k = 0,0254 \cdot [0,5 \cdot d_{ш} + (0,8...0,85) \cdot e_{ш}],$$

где  $d_{ш}$  и  $e_{ш}$  - соответственно посадочный диаметр и ширина шины в дюймах;  
0,8...0,85 - коэффициент, учитывающий радиальную деформацию шин.

Если размеры шин указаны в мм, то перед квадратной скобкой коэффициент будет равен 0,001. Размеры шин подбираются в зависимости от нагрузки на одно ведущее колесо. Для гусеничного трактора радиус качения определится по формуле:

$$r_k = \frac{Z \cdot I_{зв}}{2 \cdot \pi},$$

где  $Z$  - число активно действующих зубьев звёздочки за один оборот;

$I_{зв}$  - длина одного звена гусеницы, м.

Зная общие передаточные числа трансмиссии, определяются передаточные числа коробки передач  $i_{кп}$  по передачам из выражения:

$$i_{кп} = \frac{i_{мп}}{i_o \cdot i_{кон}},$$

где  $i_o$  и  $i_{кон}$  - передаточное число соответственно главной и конечной передач трактора (таблицы П1 и П2 Приложения).

### 1.5 Расчёт скоростной характеристики двигателя

Для построения тяговой характеристики используют полученные выше основные параметры трактора и регуляторную характеристику его двигателя, которую строят, предварительно определив показатели двигателя для трёх основных режимов его работы: холостого хода, номинального и максимальной перегрузки.

Определяется частота вращения коленвала на холостом ходу  $n_{хх}$ , мин<sup>-1</sup> по формуле:

$$n_{хх} = n_{ен} (1 + \delta_p),$$

где  $\delta_p$  - степень неравномерности регулятора частоты вращения, принимаемая 0,06...0,08.

Текущие значения мощности двигателя  $N_{ei}$ , кВт на безрегуляторной ветви характеристики в зависимости от задаваемых частот вращения коленвала, равных 90, 80, 70, 60 процентам от номинальной величины для двигателей с непосредственным впрыскиванием, определяются по эмпирической формуле:

$$N_{ei} = N_{ен} \left[ 0,87 \cdot \frac{n_i}{n_{ен}} + 1,13 \cdot \left( \frac{n_i}{n_{ен}} \right)^2 - \left( \frac{n_i}{n_{ен}} \right)^3 \right],$$

где  $n_i$  - задаваемые частоты вращения коленвала, мин<sup>-1</sup>.

С погрешностью допустимой для данного вида расчётов можно принять, что изменение параметров скоростной характеристики на её безрегуляторной ветви происходит по закону прямой линии. Следовательно, текущие значения мощности можно не определять.

Частота вращения коленвала двигателя при максимальном крутящем моменте  $n_o$ , мин<sup>-1</sup> определяется из выражения:

$$n_o = a \cdot n_{ен},$$

где  $a$  - коэффициент снижения частоты вращения, принимаемый для тракторных дизелей 0,6...0,75.

Номинальный крутящий момент двигателя  $M_{ен}$ , Н·м определяется по формуле:

$$M_{en} = 9550 \cdot \frac{N_{en}}{n_{en}}$$

Максимальный крутящий момент  $M_{emax}$ , Н·м подсчитывается по формуле:

$$M_{emax} = \kappa_n \cdot M_{en},$$

где  $\kappa_n$  - коэффициент приспособляемости двигателя по моменту, равный 1,1...1,2.

Эффективная мощность  $N_o$ , кВт при максимальном крутящем моменте определяется из выражения:

$$N_o = \frac{M_{emax} \cdot n_o}{9550}$$

Результаты всех полученных параметров округляются до целых чисел.

Часовой расход топлива при номинальном режиме работы двигателя  $G_{mn}$ , кг/ч определяется из выражения:

$$G_{mn} = \frac{N_{en} \cdot g_{en}}{10^3},$$

где  $g_{en}$  - номинальный удельный расход топлива, г/(кВт·ч).

Часовой расход топлива на режиме холостого хода  $G_{xx}$ , кг/ч принимают равным:

$$G_{xx} = (0,25...0,3) \cdot G_{mn}$$

Удельный расход топлива при максимальном крутящем моменте  $g_o$ , г/(кВт·ч) принимается на 15...20 % больше номинального, то есть:

$$g_o = (1,15...1,2) g_{en}$$

Тогда часовой расход топлива на этом режиме  $G_o$ , кг/ч определяется по формуле:

$$G_o = \frac{N_o \cdot g_o}{10^3}$$

Результаты расчётов часовых расходов топлива  $G_{mn}$ ,  $G_{xx}$  и  $G_o$  округляются до десятых долей числа, а удельного расхода  $g_o$  до целого числа.

На основании проведенных расчётов строятся графики скоростной характеристики двигателя в функции от частоты вращения коленвала  $N_e, G_T, M_e, g_e = f(n_e)$  и двух нагрузочных характеристик - в функциях от эффективной мощности  $n_e, G_T, M_e, g_e = f(N_e)$  и крутящего момента  $n_e, G_T, N_e, g_e = f(M_e)$ .

## 1.6 Определение индикаторных и эффективных показателей двигателя

К индикаторным показателям двигателя относятся – среднее индикаторное давление  $p_i$ , индикаторная мощность  $N_i$ , индикаторный КПД  $\eta_i$  и индикаторный удельный расход топлива  $g_i$ .

Среднее индикаторное давление  $p_i$ , МПа – это такое условное постоянное давление в цилиндре двигателя, при котором работа, произведённая рабочим телом за один такт, равнялась бы индикаторной работе цикла. Оно определяет индикаторную работу цикла и подсчитывается для четырёхтактного ДВС по следующему выражению:

$$p_i = \frac{N_i \cdot 120}{V_h \cdot i \cdot n_e},$$

где  $N_i$  – индикаторная мощность двигателя, соответствующая индикаторной работе цикла, кВт и определяемая по формуле:

$$N_i = \frac{N_e}{\eta_{мд}},$$

где  $\eta_{мд}$  – механический КПД двигателя, оценивающий его механические потери, равный:

$\eta_{мд} = 0,7 \dots 0,82$  – для четырёхтактных дизелей без наддува;

$\eta_{мд} = 0,8 \dots 0,90$  – для четырёхтактных дизелей с наддувом;

$V_h$  – рабочий объём цилиндра двигателя, л (дм<sup>3</sup>), определяемый из выражения:

$$V_h = F \cdot S,$$

где  $F$  – площадь поршня, дм<sup>2</sup>;

$S$  – ход поршня, дм;

$i$  – число цилиндров двигателя;

$n_e$  – частота вращения коленвала двигателя, мин<sup>-1</sup>.

Индикаторный КПД оценивает эффективность теплоиспользования в двигателях. Для ДВС, работающих на жидком топливе, он определяется из выражения:

$$\eta_i = \frac{3,6 \cdot 10^6}{g_i \cdot Q_n},$$

где  $g_i$  – индикаторный удельный расход топлива, г/кВт·ч, определяемый по формуле:

$$g_i = \frac{g_e}{\eta_{мд}};$$

$Q_n$  – низшая теплота сгорания топлива, равная:

$Q_n = 44000$  кДж/кг – для бензинов;

$Q_n = 42500$  кДж/кг – для дизельных топлив.

Эффективные показатели двигателя отличаются от индикаторных наличием затрат полезной работы на преодоление различных механических (трение в кривошипно-шатунном механизме, привод компрессора, вентилятора, генератора, топливного, водяного и масляного насосов) и других видов потерь. Экономичность потерь ДВС оценивается его эффективным КПД  $\eta_e$ , определяемым из выражения:

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_{мд}.$$

Среднее эффективное давление  $p_e$ , МПа двигателя определяется по формуле:

$$p_e = p_i \cdot \eta_{мд}.$$

## 1.7. Расчёт и построение теоретической тяговой характеристики трактора

Определив основные конструкционные и экономические показатели двигателя и трактора в целом, приступают к расчёту и построению его теоретической тяговой характеристики, которая позволяет получить наглядное представление о тягово-сцепных и экономических показателях трактора на различных режимах работы его двигателя.

Тяговой характеристикой трактора называется зависимость скорости  $v$ , часового  $G_T$  и удельного крюкового  $g_{кр}$  расходов топлива, мощности на крюке  $N_{кр}$  по передачам и

коэффициента буксования  $\delta$  от тяговой нагрузки  $P_{кр}$ . Для её построения определяются вышеперечисленные параметры на каждой передаче для трёх основных режимов работы трактора: холостого хода (тяговая нагрузка равна нулю); нормальной нагрузке, соответствующей номинальному режиму работы двигателя и перегрузке при работе двигателя с максимальным крутящим моментом.

Аналитический расчёт производится в следующей последовательности. Определяются нормальные  $P_{кр\text{нор}}$  и максимальные силы тяги  $P_{кр\text{max}}$ , Н по следующим выражениям для каждой передачи:

а) нормальные силы тяги

$$P_{кр\text{нор}} = \frac{M_{ен} \cdot i_{тр} \cdot \eta_m}{r_k} - m_3 \cdot g \cdot f;$$

б) максимальные силы тяги

$$P_{кр\text{max}} = \frac{M_{e\text{max}} \cdot i_{тр} \cdot \eta_m}{r_k} - m_3 \cdot g \cdot f.$$

Полученные значения сил тяги округляются до целых чисел.

Определяются величины коэффициента буксования  $\delta$ , которые рассчитываются по следующей эмпирической формуле:

$$\delta = a \cdot p + v \cdot p^c,$$

где  $a$ ,  $v$  и  $c$  - безразмерные коэффициенты, зависящие от типа трактора.

Для колёсных:  $a = 0,13$ ;  $v = 0,013$ . Для гусеничных:  $a = 0,04$ ;  $v = 0,004$ .

Коэффициент  $c = 8$  для всех типов тракторов.

$p$  - относительная сила тяги, определяемая для всех рассчитанных нормальных и максимальных сил тяги из выражения:

$$p = \frac{P_{кр}}{m_3 \cdot g \cdot \lambda_k \cdot \varphi},$$

где  $\varphi$  - коэффициент сцепления движителей с почвой, выбираемый для заданного почвенного фона из таблицы П4 приложения.

а) при нормальных силах тяги (для пяти передач):

$$P_{1,2,3,4,5} = \frac{P_{кр\text{нор}1,2,3,4,5}}{m_3 \cdot g \cdot \lambda_k \cdot \varphi};$$

$$\delta_{1,2,3,4,5} = a \cdot p_{1,2,3,4,5} + v \cdot p_{1,2,3,4,5}^8;$$

в) при максимальных силах тяги (для пяти передач):

$$P_{6,7,8,9,10} = \frac{P_{кр\text{max}6,7,8,9,10}}{m_3 \cdot g \cdot \lambda_k \cdot \varphi};$$

$$\delta_{6,7,8,9,10} = a \cdot p_{6,7,8,9,10} + v \cdot p_{6,7,8,9,10}^8.$$

Определяются расчётные скорости трактора с учётом буксования движителей на каждой передаче  $v$ , км/ч по формулам:

а) на холостом ходу  $v_{xx}$

$$v_{xx} = 0,377 \cdot \frac{n_{xx} \cdot r_k}{i_{тр}};$$

б) при нормальной силе тяги  $v_{P_{кр\text{нор}}}$

$$v_{P_{крнор}} = 0,377 \cdot \frac{n_{ен} \cdot r_k}{i_{тр}} \cdot (1 - \delta_{1,2,3,4,5});$$

в) при максимальной силе тяги  $v_{P_{крmax}}$

$$v_{P_{крmax}} = 0,377 \cdot \frac{n_o \cdot r_k}{i_{тр}} \cdot (1 - \delta_{6,7,8,9,10}).$$

Определяются мощности на крюке трактора  $N_{кр}$ , кВт на каждой передаче для нормальных и максимальных сил тяги из выражений:

а) при нормальных силах тяги

$$N_{P_{крнор}} = \frac{P_{крнор} \cdot v_{P_{крнор}}}{3,6};$$

в) при максимальных силах тяги

$$N_{P_{крmax}} = \frac{P_{крmax} \cdot v_{P_{крmax}}}{3,6}.$$

Для оценки топливной экономичности трактора определяется удельный крюковой расход топлива  $g_{кр}$ , г/(кВт·ч) на каждой передаче для нормальных и максимальных сил тяги по формулам:

а) при нормальных силах тяги

$$g_{крP_{крнор}} = \frac{G_{тн}}{N_{P_{крнор}}} \cdot 10^3;$$

в) при максимальных силах тяги

$$g_{крP_{крmax}} = \frac{G_o}{N_{P_{крmax}}} \cdot 10^3.$$

После определения всех параметров тяговой характеристики приступают к её графическому построению, которая изображается на листе миллиметровой бумаги формата А1 или А3 в двух квадрантах. В верхнем квадранте строится непосредственно тяговая характеристика, а в нижнем - графики эффективной мощности и частоты вращения коленвала нагрузочной характеристики двигателя в функции крутящего момента.

Ниже приводится один из способов построения тяговой характеристики (рисунок 1.1).

Выбираются масштабы и наносятся их шкалы всех показателей. По оси абсцисс откладываются нормальные и максимальные силы тяги для каждой передачи и через полученные точки проводятся вспомогательные прямые линии, параллельные оси ординат. Влево от начала координат 0 откладывается значение силы сопротивления качению  $R_f$  в масштабе силы тяги на крюке. Через полученную точку  $0_1$  также проводится вспомогательная вертикальная линия, являющаяся режимом холостого хода двигателя для неподвижно стоящего на месте трактора. Эта линия является отправной для построения в нижнем квадранте графиков эффективной мощности  $N_e$  и частоты вращения коленвала  $n_e$ , а в верхнем - часового расхода топлива  $G_T$  двигателя.

Наносится на график в своём масштабе данные коэффициента буксования  $\delta$  и в принятых масштабах значения всех рассчитанных показателей трактора  $v$ ,  $N_{кр}$  и  $g_{кр}$ . Масштабы для каждого приведенного параметра принимаются различными и выбираются из принятого формата бумаги с учётом чёткого и отдельного положения всех кривых каждого параметра. График удельного крюкового расхода топлива  $g_{кр}$  на каж-

дой передаче необходимо строить как минимум по четырём точкам - две точки рассчитанные ранее для нормальных и максимальных сил тяги, третью точку в зоне перегрузки, а четвёртую в зоне недогрузки трактора для каждой передачи. Для нахождения третьей и четвёртой точек пользуются методом секущих вертикалей с использованием известной формулы:

$$g_{кр} = \frac{G_m}{N_{кр}} \cdot 10^3,$$

где значения  $G_m$  и  $N_{кр}$  берутся из построенных графиков по выбранным масштабам.

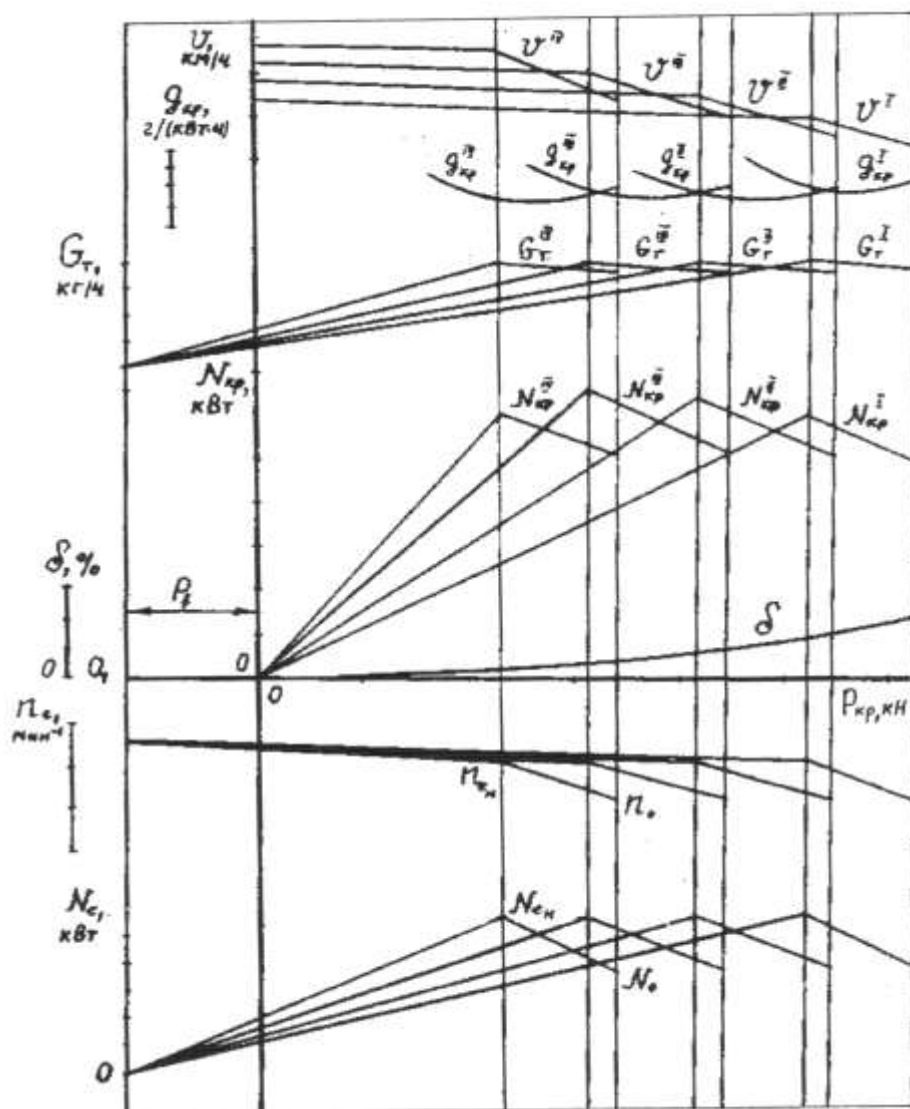


Рисунок 1.1 – Теоретическая тяговая характеристика трактора

## 2. Расчёт экономической характеристики автомобиля

Одним из основных показателей топливной экономичности автомобиля является количество израсходованного топлива  $Q_s$  в литрах на 100 км пройденного пути и определяемого из выражения:



$$Q_s = \frac{g_e \cdot N_e}{10 \cdot \gamma \cdot v},$$

где  $N_e$  - мощность двигателя, необходимая для движения автомобиля в заданных дорожных условиях, кВт;

$\gamma$  - плотность топлива, принимаемая для бензина 0,73 кг/л, для дизельного топлива 0,83 кг/л;

$g_e$  - удельный расход топлива, соответствующий данному режиму работы двигателя, г/ (кВт·ч) ;

$v$  - скорость автомобиля, км/ч.

Мощность двигателя для заданных дорожных условий определится по формуле

$$N_e = \frac{(P_\psi + P_w) \cdot v}{3600 \cdot \eta_m},$$

где  $P_\psi$  - приведенная сила дорожного сопротивления автомобиля, Н, определяемая из выражения

$$P_\psi = m_n \cdot g \cdot \psi,$$

где  $m_n$  - масса автомобиля при наибольшей (полной) нагрузке, кг (таблица П. 3);

$\psi$  - приведенный коэффициент дорожного сопротивления;

$P_w$  - сила сопротивления воздуха, Н, определяемая по формуле

$$P_w = \frac{\kappa_{об} \cdot F \cdot v^2}{13},$$

где  $\kappa_{об}$  - коэффициент обтекаемости автомобиля, равный 0,15...0,30 для легковых и 0,55...0,65 для грузовых автомобилей;

$F$  - площадь лобового сопротивления автомобиля, м<sup>2</sup> (таблица П.3 «Приложения»);

$\eta_m$  - механический к.п.д. трансмиссии, принимаемый в среднем для грузовых автомобилей 0,88...0,9.

### Порядок расчёта

1. Определяется скорость автомобиля на прямой передаче  $v_i$ , км/ч для различных частот вращения коленчатого вала двигателя по формуле:

$$v_i = \frac{0,377 \cdot n_i \cdot r_k}{i_{mp}},$$

где  $n_i$  - частота вращения коленчатого вала двигателя, равная 20, 40, 60, 80, 100

и 120 % значения номинальной частоты вращения коленвала для двигателей с искровым зажиганием и 20, 40, 60, 80, 100 % значения номинальной частоты вращения коленчатого вала для дизельных двигателей. Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя приведена в таблице П. 3 «Приложения» или в задании на проектирование;

$i_{mp}$  - передаточное число трансмиссии автомобиля на прямой передаче. Так как передаточное число коробки передач на прямой передаче равно единице, то  $i_{mp}$  равно передаточному числу главной передачи (таблица П. 3 «Приложения»);

$r_k$  - динамический радиус качения ведущих колёс автомобиля, м.

При выполнении расчёта можно принять среднюю величину динамического радиуса постоянной и определяемой из выражения:

$$r_k = \lambda \cdot r_o ,$$

где  $r_o$  - свободный радиус качения ведущих колёс, м (таблица П.3 «Приложения»);

$\lambda$  - коэффициент деформации шины, равный для грузовых автомобилей 0,93...0,94.

2. Определяется мощность двигателя  $N_{e_i}$ , кВт, требуемая для движения автомобиля с разными скоростями на прямой передаче по формуле:

$$N_{e_i} = (m_n \cdot g \cdot \Psi + \frac{\kappa_{об} \cdot F \cdot v_i^2}{13}) \cdot \frac{v_i}{3600 \cdot \eta_m} ,$$

3. При движении автомобиля с различными скоростями необходимо учитывать, что удельный расход топлива при этом является величиной переменной, зависящей от скоростного и нагрузочного режимов работы двигателя. Поэтому удельный расход рассчитывается по следующей формуле

$$g_{e_i} = g_{e_n} \cdot \kappa_{n_i} \cdot \kappa_{N_i} ,$$

где  $g_{e_i}$  - текущий удельный расход топлива в зависимости от скорости автомобиля, г/(кВт·ч) ;

$g_{e_n}$  - номинальный удельный расход топлива при номинальной мощности, равный 250...320 г/(кВт·ч) для двигателя с искровым зажиганием и 210...280 г/(кВт·ч) для дизельных двигателей;

$\kappa_n, \kappa_N$  - коэффициенты, учитывающие соответственно влияние на удельный расход скоростного и нагрузочного режимов работы двигателя.

Величины этих коэффициентов определяются по графикам, представленным на рисунках 2.1 и 2.2. Зная текущую частоту вращения коленчатого вала двигателя, равную -20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 % и 120 % от номинальной для двигателей с искровым зажиганием и 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 % от номинальной для дизеля, определяют величины её отношения к номинальной частоте  $n_{e_i} / n_{e_n}$ , по которым из графика на рисунке 2.1 находят значения коэффициентов  $\kappa_{n_i}$ .

По текущему значению мощности  $N_{e_i}$ , рассчитанной для различных скоростей, находят её отношения к номинальной мощности двигателя  $N_{e_n}$  значение которой берут для данной марки автомобиля из таблицы П. 3 «Приложения». И согласно полученным значениям отношений  $N_{e_i} / N_{e_n}$  из графика, представленном на рисунке 2.2, устанавливают согласно типу двигателя значения коэффициентов  $\kappa_{N_i}$ .

4. Согласно полученным значениям  $N_{e_i}$  и  $g_{e_i}$  при движении полностью гружёного автомобиля на прямой передаче с различными скоростями определяется расход топлива в литрах на 100 км пути по формуле:

$$Q_{s_i} = \frac{g_{e_i} \cdot N_{e_i}}{10 \cdot \gamma \cdot v_i} .$$

5. По результатам расчётов топливной экономичности производят построение экономической характеристики автомобиля, представляющей собой зависимость расхода топлива в л/100 км от скорости. По ней определяют экономичную скорость и производят анализ остальных режимов движения автомобиля.

## Приложения

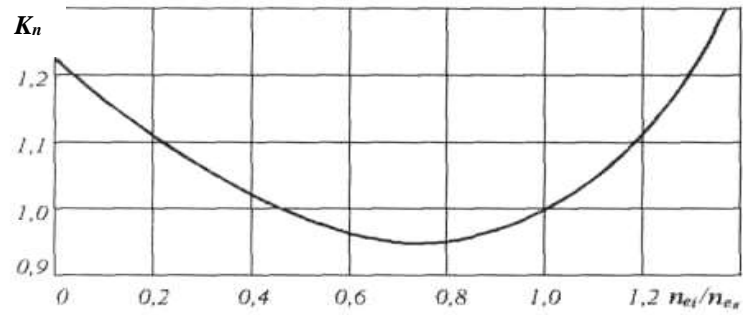


Рисунок 2. 1. График для определения коэффициента  $K_n$

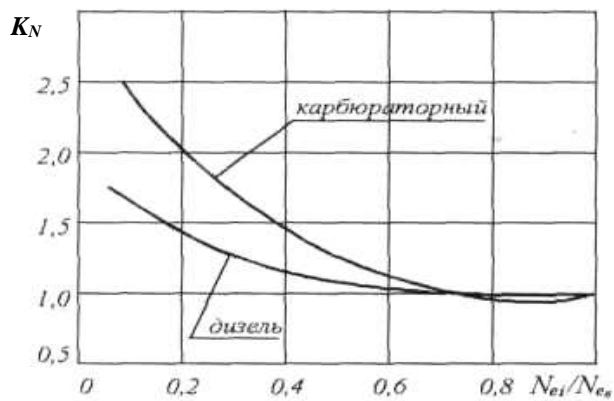


Рисунок 2.2. График для определения коэффициента  $K_N$

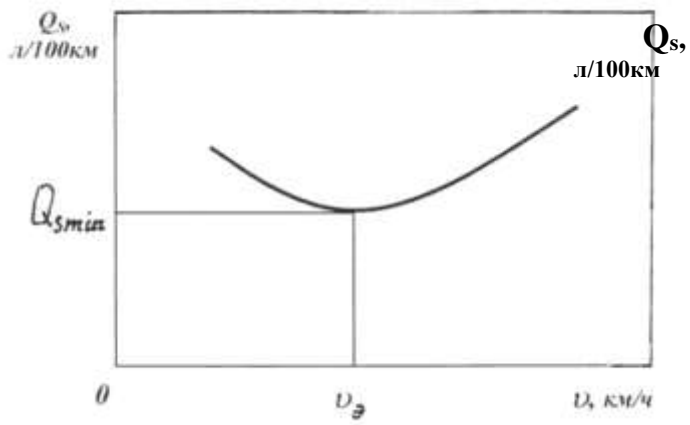


Рисунок 2.3. Экономическая характеристика автомобиля

Таблица П.1.

## Техническая характеристика колёсных тракторов

Показатели	Марка													
	Т-25А	Т-30А	Т-40М	Т-55А	ЛТЗ-60АБ	ЛТЗ-155	МТЗ-80	МТЗ-82	МТЗ-100	ЮМЗ-6АКЛ	Т-150К	Т-151К	К-701	К-701М
Тяговый класс	0,6	0,6	0,9	0,9	1,4	2,0	1,4	1,4	1,4	1,4	3,0	3,0	5,0	5,0
Колёсная формула	4К2	4К4	4К2	4К4	4К4	4К4	4К2	4К4	4К2	4К2	4К4	4К4	4К4	4К4
Марка двигателя	Д-21А	Д-120	Д-144	Д-144	Д-248	СМД-25	Д-240	Д-240	Д-245	Д-65Н	СМД-62	СМД-62	ЯМЗ-240Б	ЯМЗ-8481
Номинальная мощность двигателя, кВт	19,5	23,5	36,6	39	44,1	110	59	59	77	44,5	122	122	220	257
Эксплуатационная масса трактора, кг	2020	2300	2600	3075	3380	5600	3370	3580	4025	3895	8005	8890	12810	14570
Радиус качения колёс, м	0,59	0,64	0,70	0,71	0,71	0,70	0,73	0,73	0,75	0,73	0,70	0,70	0,78	0,78
Передаточные числа: главной передачи	3,47	3,47	3,53	3,53	3,53		3,42	3,42	3,42	4,08	4,44	4,44	2,92	2,92
конечной передачи	4,75	4,75	6,17	6,17	6,17		5,31	5,31	5,31	5,14	4,59	4,59	6,0	6,0

Техническая характеристика гусеничных тракторов

Показатели	Марка									
	Т-70СМ	ДТ-75Д	ДТ-75М	ВТ-100	Т-150	ХТЗ-200	Т-4А	Т-130	Т-170М	
Тяговый класс	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	6,0	6,0	
Марка двигателя	Д-241Л	Д-440	А-41	Д-442	СМД-60	СМД-6021	А-01М	Д-160	Д-160	
Номинальная мощность двигателя, кВт	51,5	70	66	88,3	110	147	95,5	118	132	
Эксплуатационная масса трактора, кг	4180	6660	6565	7700	7750	9100	8555	13800	16800	
Радиус начальной окружности звездочки, мм	320	355	355	355	379	379	385	424	424	
Шаг гусеницы, мм	176	170	170	170	170	170	176	203	203	
Число зубьев ведущей звездочки	13	13	13	13	14	14	14	13	13	
Передаточные числа:										
главной передачи	3,42	4,46	4,46	4,46	4,44	4,44	5,14	2,79	2,79	
конечной передачи	3,53	5,46	5,46	5,46	4,59	4,59	4,38	9,94	9,94	

Таблица П. 3.

## Техническая характеристика грузовых автомобилей

Показатели	Марка											
	УАЗ-3303	ГАЗ-3302	ГАЗ-66-41	ГАЗ-3307	ГАЗ-3306	ГАЗ-3508	ГАЗ-4301	ЗИЛ-130	ЗИЛ-4331	ЗИЛ-4327	ЗИЛ-4314	ЗИЛ-5301
Полная масса автомобиля, кг	2830	3350	6200	8050	6450	7930	9050	10525	11725	9685	10605	6950
Номинальная мощность двигателя, кВт	57	73	63	88	63	88	92	110	136	110	110	80
Тип двигателя	К	К	Д	К	Д	К	Д	К	Д	К	К	Д
Число цилиндров двигателя	4	4	6	8	6	8	6	8	8	8	8	4
Диаметр и ход поршня, мм	92×92	92×92	105×120	92×80	105×120	92×80	105×120	100×95	110×115	100×95	100×95	110×125
Номинальная частота вращения коленвала, мин <sup>-1</sup>	4000	4500	2600	3200	2800	3200	2800	3200	2800	3200	3200	2400
Предельное число главной передачи	5,12	5,12	6,83	6,83	6,83	6,83	6,83	6,32	6,33	6,33	6,33	3,27
Площадь лобового сопротивления, м <sup>2</sup>	2,99	3,6	4,5	4,7	3,8	4,1	3,9	4,3	5,1	5,1	5,1	5,5
Радиус кривизны ведущих колес, м	0,36	0,325	0,51	0,47	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,35

Техническая характеристика грузовых автомобилей

Показатели	Марка										
	ЗИЛ-43318	УРАЛ-4320	УРАЛ-43202	КаМАЗ-43105	КаМАЗ-4310	КаМАЗ-5320	КаМАЗ-5511	КаМАЗ-53212	КрАЗ-255Б	МАЗ-5335	МАЗ-53371
Полная масса автомобиля, кг	11125	13745	15175	15530	14715	15305	19000	18225	19415	14950	16000
Номинальная мощность двигателя, кВт	136	154	154	154	154	154	154	154	176	132	132
Тип двигателя	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д	Д
Число цилиндров двигателя	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6
Диаметр и ход поршня, мм	100×95	120×120	120×120	120×120	120×120	120×120	120×120	120×120	130×140	130×140	130×140
Номинальная частота вращения коленвала, мин <sup>-1</sup>	2800	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2100	2100	2100
Передаточное число главной передачи	6,73	7,32	7,32	6,53	6,53	5,43	5,94	5,94	8,21	7,24	7,24
Площадь лобового сопротивления, м <sup>2</sup>	5,1	5,9	5,3	7,4	6,4	6,7	5,4	7,3	6,8	5,3	5,9
Радиус качения ведущих колёс, м	0,48	0,58	0,58	0,48	0,58	0,48	0,48	0,48	0,65	0,53	0,53



Таблица П. 4.

Коэффициенты сопротивления качению  $f$  и сцепления  $\varphi$  трактора

Почвенный или дорожный фон	Тракторы			
	на пневматических шинах		гусеничные	
	$f$	$\varphi$	$f$	$\varphi$
Стерня	0,08-0,10	0,6-0,8	0,06-0,08	0,8-1,0
Вспаханное поле	0,12-0,18	0,5-0,7	0,08-0,10	0,6-0,8
Поле, подготовленное под посев	0,16-0,18	0,4-0,6	0,10-0,12	0,6-0,7
Слежавшаяся пахота	0,08-0,12	0,5	0,08	0,6
Плотная залежь, целина	0,03-0,07	0,7-0,9	0,06-0,07	0,9-1,0
Грунтовая сухая дорога	0,025-0,045	0,6-0,8	0,02-0,07	0,9-1,0
Песок	0,16-0,18	0,3-0,4	0,10-0,15	0,4-0,5
Автомобили				
Асфальтированное шоссе	0,015-0,020	0,60-0,75		
Гравийно-щебёночная дорога	0,02-0,03	0,50-0,65		
Сухая грунтовая дорога	0,03-0,05	0,50-0,70		
Сухой песок	0,17-0,30	0,65-0,75		
Булыжная мостовая	0,025-0,035	0,40-0,50		

Таблица П. 5.

Коэффициенты сопротивления перекачиванию  
сельскохозяйственных машин и сцепок

Тип почвенного фона	Значения коэффициента для колёс	
	Стальных	пневматических
Уплотнённая полевая дорога	0,06-0,08	0,03-0,05
Сухой луг, целина, крепкая дернина	0,07-0,09	0,05-0,07
Стерня сухая	0,13-0,15	0,08-0,10
Стерня, размягчённая дождём	0,18-0,20	0,12-0,14
Лущёное поле	0,16-0,18	0,10-0,12
Вспаханное поле	0,20-0,25	0,16-0,18
Боронованное поле	0,18-0,22	0,14-0,16
Поле, подготовленное под посев	0,15-0,18	0,12-0,14

Таблица П. 6.

Удельное сопротивление сельскохозяйственных машин  
при скорости движения 5 км/ч

Операция и тип машины	Значения	
	удельного сопротивления $K_m$ , кН/м	нарастания сопротивления на 1 км/ч от скорости движения, %
Боронование зубвыми боронами	0,5-0,7	2
Боронование дисковыми боронами и лушение стерни луцильниками	1,2-2,4	1-3
Сплошная культивация	1,4-2,6	3-4
Лушение стерни лемешными луцильниками	2,0-4,0	3-4
Рядовой посев зерновыми сеялками	1,0-1,8	2
Прикатывание кольчато-шпоровыми катками	0,5-0,6	1-2

Таблица П. 7.

Удельное сопротивление почвы для лемешных плугов  
при скорости движения 5 км/ч

Операция и тип машины	Значения	
	удельного сопротивления $K_p$ , кН/м <sup>2</sup>	увеличения сопротивления на 1 км/ч от скорости движения, %
Песчаные, супесчаные и легкосуглинистые	30-35	3-2
Среднесуглинистые	35-55	3
Целина, залежь, травяной пласт тяжелосуглинистых почв	55-80	3-4
Целина, залежь, травяной пласт глинистых почв	80-100	3-4

## Техническая характеристика сцепок

Марка	Тяговый класс агрегатируемого трактора	Ширина захвата, м	Масса, кг	Тип колёс
СП-16А	3; 4; 5	до 16	2360	пневматические
СП-11А	3	до 10,8	1110	пневматические
СН-75	3	до 12	1500	пневматические
СГ-21А	3; 4; 5	15,7-20,6	для т.кл.3 -3400 для т.кл.5 -3800	пневматические
СГ-21Б	3	15,5-20,6	1980	пневматические
С-11У	1,4; 2; 3	до 12	750	стальные
СНБ-8	1,4; 2; 3	7,7-8,4	550	пневматические
СПБ-11	1,4; 2; 3	10,8	1025	пневматические

### 3. Типовая (примерная) тематика курсовых проектов (оценка знаний, умений, навыков)

- 1 Тяговый расчёт трактора Т-25А и экономический расчёт автомобиля УАЗ-3303.
- 2 Тяговый расчёт трактора Т-30А и экономический расчёт автомобиля ГАЗ-3302.
- 3 Тяговый расчёт трактора Т-40М и экономический расчёт автомобиля ГАЗ-66-41.
- 4 Тяговый расчёт трактора ЛТЗ-55А и экономический расчёт автомобиля ГАЗ-3307.
- 5 Тяговый расчёт трактора ЛТЗ-60АБ и экономический расчёт автомобиля ГАЗ-3306.
- 6 Тяговый расчёт трактора ЛТЗ-155 и экономический расчёт автомобиля ГАЗ-3508.
- 7 Тяговый расчёт трактора МТЗ-80 и экономический расчёт автомобиля ГАЗ-4301.
- 8 Тяговый расчёт трактора МТЗ-82 и экономический расчёт автомобиля ЗИЛ-130.
- 9 Тяговый расчёт трактора МТЗ-100 и экономический расчёт автомобиля ЗИЛ-4331.
- 10 Тяговый расчёт трактора ЮМЗ-6АКЛ и экономический расчёт автомобиля ЗИЛ-4327.
- 11 Тяговый расчёт трактора Т-150К и экономический расчёт автомобиля ЗИЛ-4314.
- 12 Тяговый расчёт трактора К-424 и экономический расчёт автомобиля ЗИЛ-5301.
- 13 Тяговый расчёт трактора К-701 и экономический расчёт автомобиля ЗИЛ-43318.
- 14 Тяговый расчёт трактора К-744Р и экономический расчёт автомобиля УРАЛ-4320.
- 15 Тяговый расчёт трактора Т-70СМ и экономический расчёт автомобиля УРАЛ-43202.
- 16 Тяговый расчёт трактора ДТ-75Д и экономический расчёт автомобиля КамАЗ-43105.
- 17 Тяговый расчёт трактора ДТ-75М и экономический расчёт автомобиля КамАЗ-4310.

- 18 Тяговый расчёт трактора ВТ-100Д и экономический расчёт автомобиля КамАЗ-5320.
- 19 Тяговый расчёт трактора Т-150 и экономический расчёт автомобиля КамАЗ-5511.
- 20 Тяговый расчёт трактора ХТЗ-200 и экономический расчёт автомобиля КамАЗ-53212.
- 21 Тяговый расчёт трактора Т-4А и экономический расчёт автомобиля КрАЗ-255Б.
- 22 Тяговый расчёт трактора Т-130 и экономический расчёт автомобиля МАЗ-5335.
- 23 Тяговый расчёт трактора Т-170М и экономический расчёт автомобиля МАЗ-53371.
- 24 Тяговый расчёт трактора К-701М и экономический расчёт автомобиля УАЗ-3303.
- 25 Тяговый расчёт трактора ВТ-200 и экономический расчёт автомобиля УРАЛ-4320.

#### **4. Структура и содержание курсового проекта**

Расчётно-пояснительная записка курсового проекта должна содержать следующие элементы:

1. Титульный лист.
2. Задание.
3. Содержание.
4. Введение.
5. Тяговый расчёт трактора.
6. Расчёт экономической характеристики автомобиля.
7. Заключение.
8. Список использованных источников.
9. Графический материал.

#### **5. Оформление курсового проекта**

Оформление курсовой работы осуществляется исходя из требований руководящего документа РД 01.001- 2014 «Текстовые работы. Правила оформления».

Руководящий документ устанавливает порядок оформления текстовых студенческих работ: расчётно-графических и индивидуальных домашних заданий, лабораторных работ, рефератов, отчётов по практике, курсовых и дипломных работ, пояснительных записок к курсовым и дипломным проектам, выпускным квалификационным работам, диссертациям на соискание академической степени магистра.

Требования РД 01.001- 2014 являются обязательными для обучающихся всех факультетов академии.

Записка должна быть выполнена машинописным способом на листах формата А4 шрифтом № 14 Times New Roman, с интервалом 1,5. Графический материал должен выполняться карандашом на миллиметровой бумаге формата А4 - скоростная и нагрузочная характеристики двигателя трактора и АЗ – тяговая характеристика трактора.

Экономическая характеристика автомобиля на формате А4. Графики могут быть изображены и в компьютерном исполнении того же формата.

## **6. Порядок защиты курсового проекта**

На защите обучающийся должен показать способность хорошо ориентироваться в содержании представленного курсового проекта, цели, задачах, методах и приемах расчёта, источниках необходимой информации, уметь формулировать аналитические выводы, отвечать на вопросы как теоретического, так и практического характера, относящиеся к теме курсового проекта.

Каждый обучающийся в течение 5-7 минут излагает основные положения своей работы. Доклад необходимо подготовить заблаговременно. В нем приводятся лишь основные характеристики трактора и автомобиля. Для иллюстрации материала предоставляются схемы, графики, диаграммы, построенные на миллиметровой бумаге или в компьютерном исполнении, скоростная характеристика двигателя, тяговый расчёт трактора и экономическая характеристика автомобиля .

Ответы на вопросы должны быть убедительными, теоретически обоснованными, а при необходимости подкреплены цифровым материалом. При этом обучающийся может пользоваться курсовым проектом или цитировать его отдельные положения.

## **7. Критерии оценки курсовой работы**

Оценка зависит от качества выполненного курсового проекта и полноты ответов на вопросы при его защите. Оцениваются: логичность, убедительность изложения и защиты положений (до 10 баллов), техническая характеристика систем, механизмов, деталей и узлов, заданного трактора и автомобиля (до 20 баллов), наличие расчётных данных (до 30 баллов), наличие построенных графиков и аргументированных по ним выводов, (до 30 баллов), правильность оформления (до 10 баллов). Таким образом, максимальное количество баллов, которое может получить обучающийся за курсовой проект - 100 баллов.

Оценка за курсовой проект с учетом его содержания и его защиты обучающемуся выставляется по пятибалльной шкале.

Высшая оценка «отлично» (85-100 баллов) ставится за свободное владение знаниями, умениями, навыками на примере курсового проекта, формирование собственной, аргументированной позиции обучающегося по данному вопросу; проведение глубокого и всестороннего анализа технических данных конкретного трактора и автомобиля. При этом признается, что у обучающегося сформированы компетенции ПК-7, ПК-8 на базовом уровне.

Оценка «хорошо» (70-84 балла) ставится, если во время защиты обучающийся допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения в применении знаний, умений, владений при защите положений курсового проекта., но при условии соблюдении остальных требований. При этом признается, что у обучающегося сформированы компетенции ПК-5, ПК-7 на базовом уровне.

Оценка «удовлетворительно» (55-69 баллов) ставится за работу, если во время защиты обучающийся допускает ошибки, испытывает затруднения в применении знаний, умений, владений при защите положений курсового проекта. При этом признается, что у обучающегося сформированы компетенции ПК-7, ПК-8 на базовом уровне.

Курсовой проект, который преподаватель признал неудовлетворительным, возвращается для переработки с учетом высказанных замечаний. При этом признается, что у обучающегося не сформированы на достаточном уровне компетенции ПК-7, ПК-8.

Курсовой проект должен быть выполнен и представлен к защите в сроки, установленные учебным планом.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для выполнения курсового проекта**

### **Основные учебники и учебные пособия**

1. Конструкция тракторов и автомобилей [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов / под ред. О.И. Поливаева. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2013. - 288 с.: ил. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/13011>.

2. Поливаев О.И. Теория трактора и автомобиля [Электронный ресурс]: учеб. / О.И. Поливаев, В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин. - Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 232 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72994>.

### **Дополнительная литература**

1. Волков В.С. Основы расчета систем автомобилей, обеспечивающих безопасность движения [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.С. Волков. - Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 144 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/60649>.

2. Гребнев В.П. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства: учеб. пособие / В.П. Гребнев, О.И. Поливаев, А.В. Ворохобин; под ред. О.И. Поливаева. - Москва: КНОРУС, 2016. - 260 с.

3. Многоцелевые гусеничные и колесные машины. Теория: учеб. пособие / под ред. В.П. Бойкова. - Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2012. - 543 с.: ил.

4. Суркин В.И. Основы теории и расчёта автотракторных двигателей [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.И. Суркин. - Санкт-Петербург: Лань, 2013. - 304 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/12943>.

5. Чмиль В.П. Автотранспортные средства [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.П. Чмиль, Ю.В. Чмиль. - Санкт-Петербург: Лань, 2011. - 336 с.: ил. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/697>

6. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов: учебник / В.М. Шарипов. - Москва: Машиностроение, 2009. - 752 с.: ил.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для выполнения курсового проекта**

1. СПбГПУ: Кафедра колесных и гусеничных машин [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.spbstu.ru/departments/base/enmf/kgm/history.htm>
2. Колесные и гусеничные машины [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://old.susu.ac.ru/ru/f/at/perechen\\_kafedr/Kolesnye\\_i\\_gusenichnye\\_mashiny](http://old.susu.ac.ru/ru/f/at/perechen_kafedr/Kolesnye_i_gusenichnye_mashiny)
2. Сочлененные гусеничные и колесные машины высокой проходимости [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://vadimvswar.narod.ru/ALL\\_OUT/TiVOut0204/DzvVh/DzvVh003.htm](http://vadimvswar.narod.ru/ALL_OUT/TiVOut0204/DzvVh/DzvVh003.htm)
3. Сайт компании «СОТРАНС-Авто» [Электронный ресурс].- Режим доступа: [WWW.trukland.ru](http://WWW.trukland.ru)
4. Сайт компании «РусбизнесАвто» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.russian-tractor.ru>
6. Тракторный портал-Трактор.ру [Электронный ресурс].- Режим доступа: *traktor.*

*ru*