

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

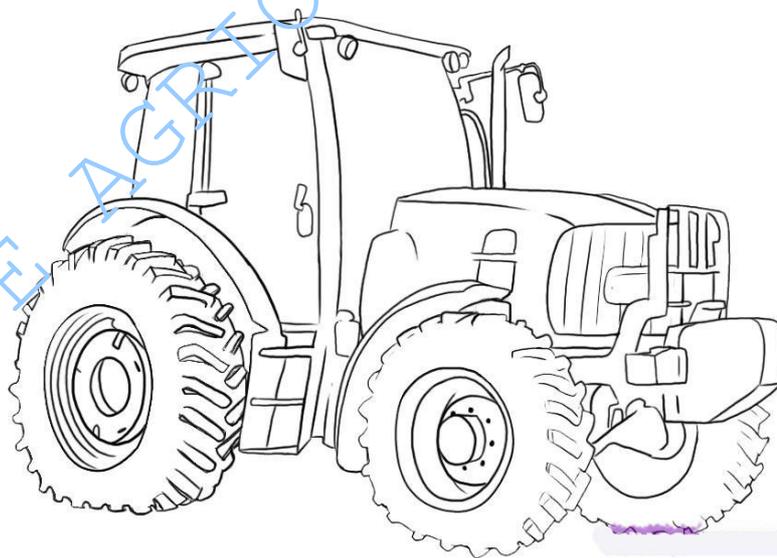
кафедра «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

ТЕОРИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

методические указания для выполнения курсовой работы

по специальности подготовки

«Наземные транспортно-технологические средства»



КАЗАНЬ, 2017

УДК 631.372

ББК 40. 721

Составители: Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Нурмиев А.А.

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО Казанский ГАУ Гаязиев И.Н.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Дорожно-строительные машины» Казанского государственного архитектурно-строительного университета Земдиханов М.М.

Методические указания рассмотрены и одобрены:

Решением заседания кафедры тракторы автомобили и энергетические установки Казанского ГАУ (протокол №9 от 10 мая 2017 г.)

Решением методической комиссии ИМ и ТС Казанского ГАУ (протокол № от г.)

Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Нурмиев А.А. Теория автомобилей и тракторов методические указания для выполнения курсовой работы. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2017. – 48 с.

Методические указания способствуют формированию профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО: «Наземные транспортно-технологические средства».

УДК 631.3

ББК 40. 721

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| ЗАДАНИЕ..... | 8 |
| 1 ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ ТРАКТОРА..... | 9 |
| 1.1 Определение массы трактора..... | 9 |
| 1.2 Выбор прототипа и его техническая характеристика..... | 9 |
| 1.3 Определение параметров ходовой части..... | 9 |
| 1.4 Определение номинальной мощности двигателя трактора..... | 10 |
| 1.5 Основные параметры двигателя..... | 11 |
| 1.6 Расчет и построение регуляторной характеристики тракторного двигателя..... | 11 |
| 1.6.1 Расчет без использования ЭВМ..... | 11 |
| 1.6.2 Расчет с использованием ЭВМ..... | 13 |
| 1.7 Расчет и построение потенциальной тяговой характеристики трактора..... | 15 |
| 1.7.1 Расчет без использования ЭВМ..... | 15 |
| 1.7.2 Расчет потенциальной тяговой характеристики с помощью ЭВМ..... | 18 |
| 1.7.3 Определение тяговой зоны трактора..... | 19 |
| 1.8 Определение передаточных чисел трансмиссии трактора..... | 20 |
| 1.8.1 Первый метод – метод геометрической прогрессии..... | 20 |
| 1.8.2 Второй метод – метод арифметической прогрессии по скорости движения..... | 20 |
| 1.8.3 Третий метод – метод арифметической прогрессии по тяговому усилию..... | 21 |
| 1.8.4 Распределение величины i_{mp} по агрегатам трансмиссии..... | 21 |
| 1.9 Составление кинематической схемы трансмиссии и определение количества зубьев шестерён..... | 22 |
| 1.10 Расчет и построение теоретической тяговой характеристики трактора..... | 24 |
| 1.10.1 При расчете без использования ЭВМ..... | 24 |
| 1.10.2 Расчеты с использованием ЭВМ..... | 27 |
| 2 ТЯГОВЫЙ, ДИНАМИЧЕСКИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТЫ АВТОМОБИЛЯ..... | 30 |
| 2.1 Определение основных параметров автомобиля..... | 30 |
| 2.2 Определение мощности автомобильного двигателя $N_{\text{снoм}}$ | 30 |
| 2.3 Определение массы автомобиля и массы груза связанной с помощью коэффициента грузоподъемности K_r | 30 |
| 2.4 Выбор колес автомобиля..... | 31 |
| 2.5 Расчет и построение скоростной (или регуляторной) характеристики автомобильного двигателя..... | 32 |
| 2.6 Определение передаточных чисел трансмиссии автомобиля..... | 32 |
| 2.7 Расчет и построение тяговой, динамической и экономической характеристик автомобиля..... | 34 |

| | |
|--|----|
| 2.7.1 Расчет и построение тяговой и динамической характеристик автомобиля..... | 34 |
| 2.7.2 Расчет и построение экономической характеристики автомобиля..... | 36 |
| 2.8 Расчет тяговой, динамической и экономической характеристик автомобиля с использованием ЭВМ..... | 38 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 40 |
| ЛИТЕРАТУРА..... | 46 |

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей курсовой работы является систематизация и закрепление знаний студентов по вопросам теории тракторов и автомобилей, имеет важное значение при формировании инженерных кадров для работы в области механизации сельскохозяйственного производства.

Курсовая работа состоит из 2-х частей: тягового расчета трактора и тягового, динамического и экономического расчета автомобиля.

При выполнении первой части курсовой работы производится: определение весовых параметров трактора, мощности его двигателя, рассчитывается и строится регуляторная характеристика его двигателя, рассчитывается, строится потенциальная тяговая характеристика будущего трактора, по ней определяется тягово-скоростная зона трактора, рассчитывается и строится теоретическая тяговая характеристика трактора.

При выполнении второй части производится: определение весовых параметров автомобиля, мощности его двигателя, расчет и построение тяговой, динамической и экономической характеристик грузового автомобиля.

Недостающие для расчета данные студенты определяют самостоятельно, ориентируясь на их значения, приведенные в технических описаниях и характеристиках трактора и автомобиля - прототипа, а также в приложениях этого пособия. При выборе трактора-прототипа надо учитывать, что различные значения номинальной тяговой силы $P_{крн}$, заданные индивидуальными заданиями, могут характеризовать один и тот же тяговый класс, т.к. типаж тракторов допускает отклонение этой силы от номинала, характеризующего тяговый класс трактора.

Курсовая работа включает пояснительную записку в объеме 10... 15 листов бумаги формата 210 x 297 (A4) и графической части, выполняемой на миллиметровке, такого же формата. При выполнении графиков и рисунков на листах меньшего формата они наклеиваются на листы чистой бумаги указанного формата. В этом случае оставшаяся часть чистой бумаги заполняется соответствующим текстом записки. Записка и графическая часть должны быть оформлены аккуратно без помарок и исправлений, с соблюдением требований ЕСКД. Текст записки может быть выполнен "вручную" чернилами или с использованием технических средств. Смешение стилей оформления записки не допускается. Графическая часть записки выполняется только простым карандашом. Результаты расчетов должны сводиться в таблицы, курсовая работа завершается сравнительным с прототипом анализом рассчитываемого трактора и автомобиля и выводами.

ПРИМЕНЯЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

i - номер оси колесного трактора, $i = 1, 2$ (1 - передняя, 2 - задняя оси);

j - номер передачи в трансмиссии;

G, m_3 - эксплуатационные вес и масса трактора; m_k - конструкционная масса трактора;

$G_{сц}$ - сцепной вес трактора;

Y_i - нормальная реакция от грунта на колеса i -той оси трактора;

$\lambda_{ст}, \lambda_{д}$ - статический и динамический коэффициенты нагрузки задних колес трактора;

λ_n - динамический коэффициент нагрузки задних колес трактора в номинальном режиме движения;

λ - коэффициент использования веса трактора для создания движителем силы тяги;

f, P_f - коэффициент и сила сопротивления качению трактора;

$P_k, P_{кн}, P_{км}$ - касательные силы тяги соответственно: текущая, номинальная и максимальная (по двигателю);

$P_{кр}, P_{крн}, P_{крм}$ - силы тяги на крюке соответственно: текущая, номинальная и максимальная (по двигателю);

$\varphi_{кр}, \varphi_{крн}, \varphi_{крм}$ - соответствующие удельные силы тяги трактора на крюке;

$P_{кр}^{пр}, P_{кр}^{пр}$ - предельные по сцеплению касательная сила тяги и соответственно сила тяги на крюке;

$\varphi_{кр}^{пр}$ - удельная предельная по сцеплению сила тяги на крюке;
 v_T, v - теоретическая и действительная скорости трактора;

$\delta, \delta_n, \delta_{пр}$ - коэффициенты буксования соответственно: текущий, в номинальном режиме движения (допускаемый) и предельный (в режиме движения, когда $P_k = P_{кр}$);

$n_{ш}, M_n, N_n$ - соответственно частота вращения вала, крутящий момент и эффективная мощность двигателя в номинальном его режиме работы;

n_m, M_m, N_m - то же при работе двигателя в режиме максимального момента;

$\omega_{д}, \omega_{кi}$ - угловые скорости соответственно вала двигателя и колеса i -той оси трактора;

k_m, k_n - коэффициенты приспособляемости двигателя по крутящему моменту и соответственно по частоте вращения вала двигателя;

$N_{кр}, N_f$ - тяговая (крюковая) мощность и соответственно мощность, затраченная на самопередвижение трактора;

N_m, N_{δ} - механические потери мощности (в трансмиссии и движителе)

и соответственно потери мощности на буксование трактора;

η_m, η_T - механический КПД и соответственно тяговый КПД трактора;

r, r_{cm}, r_d - радиусы пневмоколеса соответственно: свободный, статический, динамический ;

$p_{ш}$ - давление воздуха в пневмошине в статическом положении;

L - база колесного трактора;

$h_{кр}$ - высота линии тяги над плоскостью контакта движителя трактора с грунтом (высота линии прицепа крюка);

$r_d, t, z_{зв}$ - динамический радиус ведущего колеса гусеничного трактора, шаг гусеницы и число звеньев (траков), укладываемых за один оборот ведущего колеса.

**ЗАДАНИЕ
к первой части “Трактор”**

| № п/п | Наименование параметра | Величина |
|-------|---|----------|
| 1. | Тип ходовой части трактора | |
| 2. | Класс трактора – $P_{кр.п.}$ кН | |
| 3. | Средняя рабочая скорость $V_{ср}$, м/с | |
| 4. | Номинальная частота вращения коленвала двигателя $n_{ен}$, мин ⁻¹ | |
| 5. | Удельный расход топлива $g_{ен}$, г/кВт·ч | |
| 6. | Коэффициент C_I для расчета характеристики двигателя | |
| 7. | Метод определения передаточных чисел трансмиссии – (1,2,3) | |
| 8. | Агрофон для построения теоретической тяговой характеристики трактора | |

Примечание: При выполнении тягового расчета учитывают только 9 рабочих передач, охватывающих скорости основных полевых операций.

**ЗАДАНИЕ
к второй части “Автомобиль”**

| № п/п | Наименование параметра | Величина |
|-------|--|----------|
| 1. | Тип автомобиля | |
| 2. | Тип ходовой части (колесная формула. | |
| 3. | Грузоподъемность автомобиля $M_{гр}$, т | |
| 4. | Наибольшая скорость движения V_{max} , км/час | |
| 5. | Тип двигателя | |
| 6. | Частота вращения к/вала двигателя $n_{е.п.}$, мин ⁻¹ | |
| 7. | Удельный расход топлива $g_{е.п.}$, г/кВт·ч | |
| 8. | Коэффициент C_I для расчета двигателя | |

Примечание: Недостающие данные брать из справочников и по аналогии с прототипом.

1 ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ ТРАКТОРА

1.1 Определение массы трактора

Различают конструктивную и эксплуатационную массы трактора. Конструктивную массу иногда называют «сухой» массой - это масса трактора сразу после сборки – без заливок маслом, топливом, охлаждающей жидкостью, без инструмента, дополнительных грузов и тракториста, а эксплуатационная – уже трактора, готового к работе в поле т.е., полностью снаряженного.

Конструктивная масса равна:

$$m_k = \frac{P_{кр.н.}}{\varphi_{кр.н.} \cdot 9,81}, \text{ кг} \quad (1.1)$$

где, $P_{кр.н.}$ – номинальное тяговое усилие на крюке трактора, Н;
 $\varphi_{кр.н.}$ – коэффициент использования массы при номинальном тяговом усилии.

Величину $\varphi_{кр.ном.}$ – можно брать:

0,32.....0,42 (при 4к2);

0,40.....0,50 (при 4к4);

0,45.....0,55 (гусенич. х ч)

Эксплуатационная (полная) масса:

$$m_э = m_k \cdot (1,06...1,12), \text{ кг.} \quad (1.2)$$

1.2 Выбор прототипа и его техническая характеристика

Зная класс трактора, тип его ходовой части, определив его массы, выбирают прототип из существующих типов тракторов. При отсутствии похожего трактора – выбирают наиболее близкий к проектируемому. Выбрав прототип – приводят его техническую характеристику, которые в дальнейшем помогут выбрать некоторые недостающие параметры будущего трактора (параметры двигателя, трансмиссии, ходовой части и др.). При этом нужно будет учитывать разницу прототипа и будущего трактора.

1.3 Определение параметров ходовой части

К определяемым параметрам ходовой части относятся: размеры ведущих колес, для колесного трактора, и размеры ведущей звездочки – для гусеничных тракторов.

Ведущие колеса выбираются тракторного типа – с редким и глубоким рисунком, с учетом нагрузки на одно колесо:

$$G_{к1.} = \frac{m_э \cdot \lambda_к \cdot 9,81}{2}, \text{ Н} \quad (1.3)$$

где, $G_{к1.}$ – вес трактора, приходящееся на одно колесо;

$\lambda_к$ – коэффициент распределения веса на ведущее колесо.

Выбирают $\lambda_к$ равным:

0,7 – для тракторов типа Т – 25А, МТЗ - 1221, МТЗ – 80/82 и др.

(ведущие колеса большие, направляющие – маленькие), и

0,5 – для тракторов с одинаковыми колесами.

Зная нагрузку на одно колесо из справочника по автотракторным шинам определяют шину, например для трактора Т – 40 подойдет шина 11' – 38', где первая цифра ширина или высота профиля, а вторая – посадочный диаметр в дюймах.

Далее определяют радиус ведущего колеса:

$$r_к = 0,0254 \cdot [0,5 \cdot d + H (1 - \delta_r)], \text{ м} \quad (1.4)$$

где, 0,0254 – коэф. перевода дюймов в метры;

d – посадочный диаметр в дюймах,

H – высота профиля в дюймах;

δ_r – коэффициент радиальной деформации шины, $\delta_r = 0,11 \dots 0,13$.

При наличии подходящего прототипа величину $r_к$ можно брать и по технической характеристике.

Для гусеничных тракторов:

$$r_к = \frac{0,001 \cdot l_{зв} \cdot Z_к}{2 \cdot \pi}, \text{ м} \quad (1.5)$$

где, $l_{зв}$ – длина звена гусениц, мм.

$Z_к$ – число зубьев ведущей звездочки (обычно $Z_к = 12 \dots 15$).

Нужно сравнивать с прототипом.

1.4 Определение номинальной мощности двигателя трактора

Номинальная мощность тракторного двигателя определяется с учетом класса трактора, т.е. номинального тягового усилия на крюке – $P_{кр.ном.}$, а так же основных рабочих скоростей, при которых выполняются полевые работы. Для современных тракторов большинство полевых операций

выполняется на скоростях 6...12 км/ч или 1,6...3,3 м/с. При этом гусеничные тракторы имеют на 15...20% меньшие скорости.

С учетом сказанного:

$$N_{e.ном} = \frac{V_{cp} \cdot (P_{кр.ном} + m_э \cdot f \cdot 9,81)}{1000 \cdot \eta_{тр}}, \text{ кВт} \quad (1.6)$$

где, V_{cp} – скорость движения на одной из низших передачах, используемых при выполнении тяжелых работ (например, при вспашке), м/с;

f – коэфф. сопротивления движению при работах в нормальных условиях (стерня зерновых, влажность – 16...18% и т.д.);

$\eta_{тр}$ – к.п.д. трансмиссии трактора, можно принять $\eta_{тр} = 0,9$.

Полученное значение $N_{e.ном}$ можно округлить до целого числа.

1.5 Основные параметры двигателя

К основным параметрам двигателя относятся: номинальные мощность – $N_{e.ном}$, крутящий момент – $M_{e.ном}$, часовой расход топлива – $G_{т.ном}$, удельный расход топлива – $g_{e.ном}$ и частота вращения коленчатого вала – $n_{e.ном}$.

При этом $n_{ен}$ и $g_{ен}$ – даны в задании, $N_{ен}$ – уже определили выше.

$$M_{\dot{a}i i} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot N_{\dot{a}i i}}{\pi \cdot n_{\dot{a}i i}}, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (1.7)$$

$$G_{\dot{a}i i} = \frac{g_{\dot{a}i i} \cdot N_{\dot{a}i i}}{1000}, \text{ кг/ч} \quad (1.8)$$

Таким образом, все номинальные параметры определены. По этим параметрам нужно подобрать прототип двигателя из тех, которые установлены на имеющихся тракторах, дать описание этого двигателя, привести его основные технические данные, отметив, какие параметры и насколько отличаются.

1.6 Расчет и построение регуляторной характеристики тракторного двигателя

1.6.1 Расчет без использования ЭВМ

Для расчета используются номинальные значения параметров двигателя – $N_{e.ном}$, $M_{e.ном}$, $G_{т.ном}$, $g_{e.ном}$ и $n_{e.ном}$.

Вначале на оси частоты вращения (n_e) нужно определить еще две точки: $n_{e\min}$ – наименьшие обороты холостого хода – $n_{e\min} = 600 \dots 900 \text{ мин}^{-1}$.

Причем – 600...750 для двигателей с $n_{e\text{ном}}$ до 2000 мин^{-1} , с 750...900 для двигателей с $n_{e\text{ном}}$ более 2000 мин^{-1} .

При меньших $n_{e\min}$ оборотах двигатель глохнет, т.к., получающаяся мощность не хватает на внутренние потребности самого двигателя (привод механизмов, на трение, привод систем и др.)

Следующая точка – это наибольшая скорость вращения коленчатого вала при полной подаче топлива, но без нагрузки

$$n_{ex/x} = n_{en} * (1 + b_p), \text{ мин}^{-1} \quad (1.9)$$

где: b_p – степень неравномерности регулятора, $b_p = 0,07 \dots 0,09$.

Тут же нужно определить величину расхода топлива.

$$G_{tx/x} = G_{тном} (0,25 \dots 0,30), \text{ кг/ч} \quad (1.10)$$

Более точные значения величин $n_{e\min}$, $n_{ex/x}$ и $G_{tx/x}$ можно определить непосредственно на двигателе путем замеров.

Далее нужно провести оси, на которых откладывают вверх N_e , M_e , G_T и g_e , а по горизонтали n_e .

По номинальным значениям параметров подбирают масштабы так, чтобы кривые не совмещались и удобно было для использования.

Левая часть характеристики в пределах $n_{e\min} \dots n_{e\text{ном}}$, называется “корректорной” частью, а при оборотах от $n_{e\text{ном}}$ до $n_{ex/x}$ называется “регуляторной” частью. На регуляторной части зависимости N_e , M_e , G_T от n_e – линейная, их можно не рассчитывать, можно соединить $N_{e\text{ном}}$ и $M_{e\text{ном}}$ с точкой $n_{ex/x}$ прямой линией, в $G_{T\text{ном}}$ с $G_{tx/x}$ – то же будет прямая линия.

Для построения зависимости $g_e = f(n_e)$ в интервале $n_{en} - n_{ex/x}$ нужно брать две дополнительные точки, разделить этот промежуток на три части, тогда на этих вертикалях находят соответствующие G_T и N_e и по формуле:

$$g_e = \frac{G_T \cdot 1000}{N_e}, \quad \frac{\partial g}{\partial n} \quad (1.11)$$

На этих же вертикалях в выбранном ранее масштабе откладывают две новые точки и через три точки проводят недостающую линию, при этом на вертикале $n_{ex/x}$ линия g_e – будет стремиться в бесконечность, т.к. при этом $G_{tx/x}$ – имеет конечную величину, а $N_e = 0$.

Для расчета и построения зависимостей основных параметров в левой части характеристики интервал от $n_{e\min}$ до $n_{e\text{ном}}$ нужно разделить на 4...5 частей и отметить соответствующие n_e и при каждом значении n_e , начиная от $n_{e\min}$ определить значения N_e , M_e , G_T и g_e и отложить на этих вертикалях, затем соединить их плавной кривой. Формулы для расчетов:

$$N_e = N_{e,ном} \left[C_1 \cdot \left(\frac{n_e}{n_{ен}} \right) + C_2 \left(\frac{n_e}{n_{ен}} \right)^2 - \left(\frac{n_e}{n_{ен}} \right)^3 \right], \text{ кВт}, \quad (1.12)$$

где C_1 – коэффициент для расчета характеристики, дан в задании,
 C_2 – коэффициент, равный:

$$C_2 = 2 - C_1, \quad (1.13)$$

$$M_e = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot N_e}{\pi \cdot n_e}, \text{ Н.м} \quad (1.14)$$

$$g_e = g_{ен} \cdot \left[1,35 - \frac{0,35(n_e - n_{e\min})}{(n_{ен} - n_{e\min})} \right], \text{ г/кВт}\cdot\text{ч} \quad (1.15)$$

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000}, \text{ кг/ч} \quad (1.16)$$

Для удобства работы все расчетные данные сводят в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Данные для построения регуляторная характеристика двигателя

| $n_e \text{ мин}^{-1}$ | $N_e, \text{ кВт}$ | $M_e, \text{ Н}\cdot\text{м}$ | $G_T, \text{ кг/ч}$ | $g_e, \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ |
|------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| $n_{e\min}$ | | | | |
| ... | | | | |
| ... | | | | |
| ... | | | | |
| $n_{ex/\gamma}$ | | | | |

По данным этой таблицы строится регуляторная характеристика двигателя:

$N_e, M_e, G_T, g_e = f(n_e)$, которая представлена на рисунке 1.1.

1.6.2 Расчет с использованием ЭВМ

Для ввода в ЭВМ нужно подготовить следующие данные.

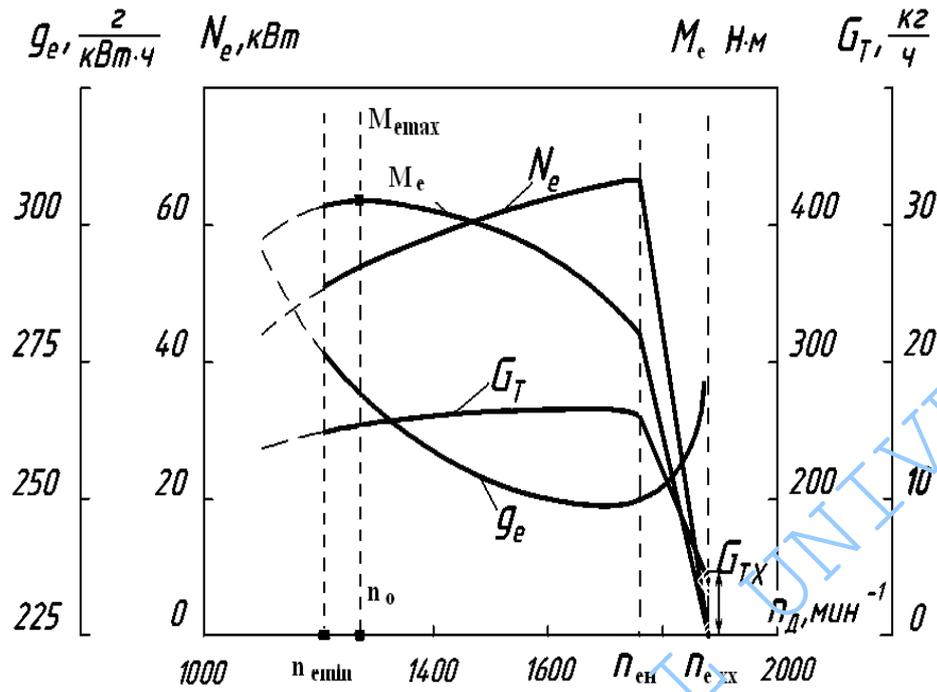


Рисунок 1.1 – Регуляторная характеристика тракторного (дизельного) двигателя

Таблица 1.2 - Данные для расчета регуляторной характеристики тракторного (дизельного) двигателя

| № п/п | Наименование параметра | Обозначение | | Величина |
|-------|---|-------------------|-------------|----------|
| | | Обычное | в программе | |
| 1. | Номинальная мощность двигателя, кВт | N_{enom} | N | |
| 2. | Номинальная частота вращения к/вала, мин^{-1} | n_{enom} | H | |
| 3. | Малые обороты холостого хода двигателя, мин^{-1} | n_{emin} | H2 | |
| 4. | Коэффициент для расчета характеристики двигателя | C_1 | C1 | |
| 5. | Номинальный удельный расход топлива, г/кВт·ч | g_{enom} | Q | |
| 6. | Степень неравномерности регулятора | δ_p | B | |

В результате расчетов ЭВМ дает распечатку,

где:

$H1 - n_e, \text{мин}^{-1}$;

$N_1 - N_e$, кВт;

$M_1 - M_e$, Н.м;

$G_1 - G_T$, кг/ч

$Q_1 - g_e$, г/кВт·ч

1.7 Расчет и построение потенциальной тяговой характеристики трактора

1.7.1 Расчет без использования ЭВМ

Потенциальная тяговая характеристика рассчитывается и строится для будущего трактора при работе в типичных (нормальных) условиях, такими условиями для сельскохозяйственного трактора является: агрофон – стерня зерновых культур, поверхность поля ровная ($\alpha = 0$), почва – средний суглинок, удельное сопротивление почвы – 0,05...0,06 мПа, влажность – нормальная, т.е. 16...18%. Для таких условий подбирается из справочников φ и f .

Предварительно должно быть определено: $m_э$, $N_{еном}$, тип трактора и его класс и колесная схема, к.п.д. трансмиссии.

Расчет и построение ведут одновременно. В начале проводят оси: по горизонтальной оси откладывают $P_{кр}$, а по вертикали – мощности ($N_{ен}$, $N_{тр}$, N_{δ} , N_f , $N_{кр}$), буксования δ , теоретической скорости V_T и тягового к.п.д. $\eta_{тяг}$.

На расстоянии 0,7 длины горизонтальной оси наносят величину $P_{кр.н}$ и по нему размечают масштабную шкалу.

По вертикали нужно будет несколько масштабных шкал (на дополнительных осях) – для мощности – по величине $N_{еном}$, для V_T (по V_{Tmax} при $P_{кр} = 0$), для буксования – до величины 0,35...0,40 и для тягового к.п.д. – $\eta_{тяг}$ до величины 0,85.

На самом верху по шкале мощности откладывают $N_{еном}$ и проводят прямую линию параллельно оси $P_{кр}$.

Далее определяют $N_{тр}$.

$$N_{тр} = N_{еном} (1 - \eta_{тяг}), \text{ кВт}, \quad (1.17)$$

Эту величину в масштабе мощности отнимают от линии $N_{ен}$ и проводят вторую прямую линию.

Следующий шаг – определяют теоретическую скорость V_T , задаваясь величиной $P_{кр}$ от нуля до правой границы графика.

$$V_T = \frac{1000 \cdot N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{дв}}}{D_{\text{эд}} + f \cdot m_y \cdot 9,81}, \text{ м/с} \quad (1.18)$$

Для получения полной картины величину $P_{\text{кр}}$ берут до $P_{\text{кр.макс}} = 1,5 P_{\text{кр.ном}}$ разбив это расстояние на 8...10 отрезков. Расчетные данные заносят в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 - Данные для построения потенциальной тяговой характеристики трактора

| $P_{\text{кр}}, \text{ Н.}$ | $V_T, \text{ м/с}$ | δ | $N_{\delta}, \text{ кВт}$ | $N_f, \text{ кВт}$ | $N_{\text{кр}}, \text{ кВт}$ | $\eta_{\text{тяг}}$ |
|-----------------------------|--------------------|----------|---------------------------|--------------------|------------------------------|---------------------|
| 0 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| $1,5 P_{\text{кр.н.}}$ | | | | | | |

По наибольшей величине $V_{\text{тmax}}$ отмечают масштаб оси, отложив $V_{\text{тmax}}$ в верхней части графика (рядом с $N_{\text{е.ном}}$), последующие величины будут уменьшаться.

Далее рассчитывают величины буксования трактора – δ , задаваясь теми же значениями $P_{\text{кр}}$ (от 0... до $1,5 P_{\text{кр.ном}}$).

$$\delta = a \cdot p + b \cdot p^c, \quad (1.19)$$

где, a, b, c – постоянные коэффициенты.

Таблица 1.4 – Коэффициенты буксования

| Тип ходовой части | a | b | c |
|-------------------|------|-------|-----|
| колесный | 0,13 | 0,013 | 8 |
| гусеничный | 0,04 | 4 | 8 |

$$P = \frac{P_{\text{кр}}}{\varphi \cdot \lambda_k \cdot m_y \cdot 9,81}, \quad (1.20)$$

Как было сказано выше, величину δ определяют до значения 0,35...0,40, так как при работе трактора буксование не превышает величину 0,15...0,20.

Кривую буксованию $\delta = f(P_{\text{кр}})$ строят в нижней части графика.

Следующий шаг – определяют потерю мощности на буксование N_{δ} .

$$N_{\delta} = \frac{D_{\text{эд}} \cdot V_{\text{д}} \cdot \delta}{1000}, \text{ кВт} \quad (1.21)$$

Величины $P_{\text{кр}}$ берут так же, а V_T и δ берут при этих же значениях $P_{\text{кр}}$.

Кривую N_{δ} строят сверху, отнимая от последней линии ($N_{\text{тр}}$).

Далее рассчитывают потерю мощности на качение N_f

$$N_f = \frac{f \cdot m_3 \cdot 9,81 \cdot V_T (1 - \delta)}{1000}, \text{ кВт} \quad (1.22)$$

Величины V_T и δ берут при тех же значениях $P_{кр}$, что и выше.

Кривую N_f так же строят сверху вниз, отнимая от последней кривой.

Следующий шаг – определяют мощности на крюке $N_{кр}$.

$$N_{\delta} = \frac{D_{\delta\delta} \cdot V_{\delta}(1 - \delta)}{1000}, \text{ кВт} \quad (1.23)$$

Последним шагом будет определение величины тягового к.п.д. – $\eta_{тяг}$ (условного).

$$\eta_{тяг.усл} = \frac{N_{кр}}{N_{ен}} \quad (1.24)$$

Результаты заносят в ту же таблицу. Если предыдущие расчеты и построения верны, то полученные точки $N_{кр}$ лягут на последнюю кривую (N_f), эта же кривая в другом масштабе будет и кривой тягового к.п.д.

Расчеты и построения закончены, общий вид потенциальной характеристики показан на рисунке 1.2.

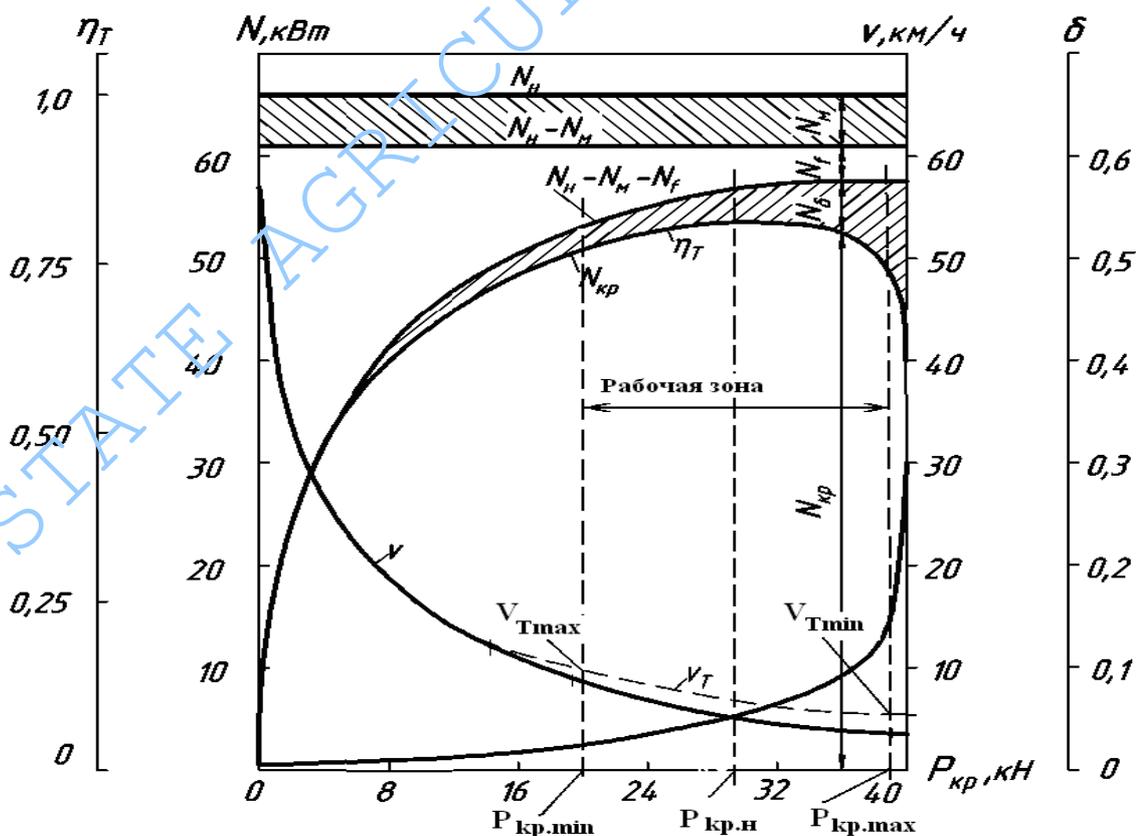


Рисунок 1.2 – Общий вид потенциальной тяговой характеристики трактора

1.7.2 Расчет потенциальной тяговой характеристики с помощью ЭВМ

Для ввода в ЭВМ готовят следующие данные.

Таблица 1.5 – Данные для расчета потенциальной тяговой характеристики трактора

| № п/п | Наименование параметра | Обозначение | | Величина |
|-------|--|--------------|-------------|----------|
| | | Обычное | в программе | |
| 1. | Номинальная мощность двигателя, кВт | N | N | |
| 2. | К.п.д. трансмиссии трактора | $\eta_{тр}$ | N6 | |
| 3. | Коэффициент сопротивления движению на стерне | f | F | |
| 4. | Коэффициент сцепления ходовой части с почвой | ϕ | F1 | |
| 5. | Коэффициент распределения веса | λ_k | L | |
| 6. | Номинальное тяговое усилие трактора, Н | $P_{кр.ном}$ | P | |
| 7. | Коэффициенты для расчета буксования | a | A5 | |
| 8. | | b | B5 | |
| 9. | | c | C5 | |
| 10. | Полная масса трактора, кг | m_3 | M5 | |

Все эти величины вводятся в машину в таком порядке и в указанных единицах. В результате расчетов ЭВМ выдаст распечатку, где:

$P1 - P_{кр}$ – усилие на крюке, Н;

$B1 - \delta$ – буксование ход. части;

$U - v_{т}$ – теоретическая скорость движения трактора, м/с;

$N3 - N_{тр}$ – мощность, потерь в трансмиссии, кВт.

$N2 - N_{\delta}$ – мощность потерь на буксование, кВт;

$N4 - N_f$ – мощность потерь на движение, кВт;

$N5 - N_{кр}$ – мощность на крюке трактора, кВт;

$N5 - \eta_{тяг.усл}$ – к.п.д. тяговое условное.

Используя полученные значения параметров строят потенциальную характеристику трактора – рисунок 1.2.

1.7.3 Определение тяговой зоны трактора

Основное назначение потенциальной тяговой характеристики – это обоснование и выбор тяговой зоны будущего трактора.

Для этого на построенной характеристике находят точку $N_{кр.маx}$, этой же точке соответствует $\eta_{тяг.маx}$. От этой точки проводят вертикаль на ось $P_{кр}$, на пересечениях отмечают V_T опт и $P_{кр}$ оптимальное, т.е., это будет оптимальная скорость, оптимальное усилие на крюке трактора. Поскольку при работе в полевых условиях величина $P_{кр}$ все время меняется как в ту, так и в другую сторону, поэтому нужно определить рабочую зону трактора таким образом, чтобы при всех случаях работы величина тягового к.п.д. ($\eta_{тяг}$) находился вблизи его наибольшего значения. Для этого от точки $V_{топт}$ поднимаются вверх по кривой скорости на величину примерно $0,8 \dots 0,9$ м/с и отмечают скорость $V_{тmax}$, от этой же точки ($V_{топт}$) опускаются вниз по кривой на величину $0,7 \dots 0,8$ м/с и отмечают точку $V_{тmin}$ и через эти точки проводят вертикальные линии до кривой $N_{кр}$ (или $\eta_{тяг}$). Если снижение мощности на крюке при скоростях $V_{тmax}$ и $V_{тmin}$ примерно одинаковое, то это и будет рабочей тяговой зоной, если же снижение в одну из сторон значительно больше, чем в другую, то вносят коррективы – рабочую зону перемещают вправо или влево, но так, чтобы $V_{тmax} - V_{тmin} \approx 1,4 \dots 1,7$ м/с.

Таким образом, определяется тяговая рабочая зона:

$$V_{тmax}, \delta_{min}, P_{кр.min}$$

$$V_{тmin}, \delta_{max}, P_{кр.max}$$

Нужно проверить, не выходит ли δ_{max} за пределы допустимого ГОСТом значения, если немного будет выходить, нужно предложить меры по его снижению до приемлемого уровня (за счет дополнительных грузов или других мероприятий).

После определения тяговой зоны трактора принимают:

$V_{тmin} = V_{T1}$ и $V_{тmax} = V_{T.n.}$, т.е. это будет соответственно, скорости на первой и последней рабочей передачах.

Здесь рассматриваются только рабочие передачи, замедленные и транспортные не рассматриваются. На первой передаче выполняются наиболее тяжелые работы, например, вспашка, а на последней – более легкие работы, например, боронование или каткование. Количество передач (n) дается в задании, обычно может быть $4 \dots 6$.

1.8 Определение передаточных чисел трансмиссии трактора

Передаточные числа трансмиссии будущего трактора определяются для работы на всех рабочих передачах в пределах, определенных выше, рабочей зоны, при этом показатели работы трактора будут высокими. Теория дает для этого 3 метода.

1.8.1 Первый метод – метод геометрической прогрессии

По этому методу передаточные числа на всех передачах располагаются в ряд геометрической прогрессии.

$$q = \frac{i_{mp2}}{i_{mp1}} = \frac{i_{mp3}}{i_{mp2}} = \dots = \frac{i_{mpn}}{i_{mpn-1}}, \quad (1.25)$$

где, q – знаменатель геометрической прогрессии.

Отсюда:

$$\begin{aligned} i_{mp2} &= i_{mp1} \cdot q; \\ i_{mp3} &= i_{mp2} \cdot q = i_{mp1} \cdot q^2; \\ i_{mpn} &= i_{mp1} \cdot q^{n-1}, \end{aligned}$$

где, n – количество передач в коробке передач (только рабочие и только вперед).

Тогда:

$$q = \sqrt[n-1]{\frac{i_{mpn}}{i_{mp1}}}, \quad (1.26)$$

Из потенциальной характеристики установили V_{\min} и V_{\max} или $V_{\min} = V_{т.п.}$ и $V_{\max} = V_{т.п.}$

Теперь определяют $i_{тр1}$ и $i_{трп}$:

$$i_{\delta \delta 1} = 0,105 \frac{n_{\delta \delta i i} \cdot r_e}{V_{\delta 1}} \quad \text{и} \quad i_{\delta \delta n} = 0,105 \frac{n_{\delta \delta i i} \cdot r_e}{V_{\delta n}} \quad (1.27)$$

Далее определяют величину q и все остальные $i_{трj}$.

1.8.2 Второй метод – метод арифметической прогрессии по скорости движения

Суть этого метода:

$$V_{m.n} - V_{m(n-1)} = \dots V_2 - V_1 = \Delta V, \quad (1.28)$$

Отсюда: $V_2 = V_1 + \Delta V$; $V_3 = V_2 + \Delta V = V_1 + 2\Delta V$;

$$\Delta V = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{n-1} = \frac{V_{т.н} - V_{т.1}}{n-1}, \quad (1.29)$$

Определив все скорости движения V_1, V_2, \dots, V_n определяют все величины $i_{\text{тр}}$.

$$i_{\text{о} \delta i} = 0,105 \frac{n_{\text{а} i i} \cdot r_{\text{е}}}{V_{\dot{\alpha}}}, \quad (1.30)$$

1.8.3 Третий метод – метод арифметической прогрессии по тяговому усилию

Основа этого метода:

$$P_{\text{кр}1} - P_{\text{кр}2} = P_{\text{кр}2} - P_{\text{кр}3} = \dots = P_{\text{кр}(n-1)} - P_{\text{кр}n} = \Delta P$$

Отсюда :

$$\Delta P = \frac{P_{\text{кр} \cdot \max} - P_{\text{кр} \cdot \min}}{n-1}, \quad (1.31)$$

где: $P_{\text{кр} \cdot \max} = P_{\text{кр}1}$ и $P_{\text{кр} \cdot \min} = P_{\text{кр}n}$.

Определив $P_{\text{кр}}$ на всех передачах определяют все скорости – V_1, \dots, V_n .

$$V_{\text{т}i} = \frac{10^3 \cdot N_{\text{ен}} \cdot \eta_{\text{тр}}}{P_{\text{кр}i} + f \cdot m_{\text{э}} \cdot 9,81}, \text{ м/с}, \quad (1.32)$$

и далее:

$$i_{\text{о} \delta i} = 0,105 \frac{n_{\text{а} i i} \cdot r_{\text{е}}}{V_{\dot{\alpha}}}$$

Таким образом, одним из приведенных методов определяют передаточные числа трансмиссии трактора: $i_{\text{тр}1}, i_{\text{тр}2}, \dots, i_{\text{тр}n}$.

1.8.4 Распределение величины $i_{\text{тр}}$ по агрегатам трансмиссии

Поскольку трансмиссия трактора состоит из коробки передач, из главной и конечной передач, т.е.

$$i_{\text{тр}} = i_{\text{кпн}} \cdot i_0 \cdot i_{\text{к}}, \quad (1.33)$$

При этом нужно учитывать соответствующие параметры прототипа и требования курса детали машин. Есть одно требование - возможность включения всех передач, для этого нужно, чтобы:

$$i_{кн1} \geq \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{V_{Tn}}{V_{T1}}, \quad (1.34)$$

Если $i_{кн1} = V_{\max}/V_{\min}$, то последняя (высшая) передача будет “прямой”, т.е. через коробку вращение пройдет без изменения, если будет больше – то последняя передача так же будет понижающей. Равным, обычно берут для автомобилей, а для тракторов всегда берут больше.

На практике: i_0 – передаточное число главной передачи - берут равным в передачах 3,5...5, а i_k – передаточное число конечной передачи может быть в пределах 4,5...6.

Эти величины при необходимости можно брать и большими, тогда эти передачи могут быть выполнены 2-х ступенчатыми (пример: КАМАЗ).

1.9 Составление кинематической схемы трансмиссии и определение количества зубьев шестерён

При этом так же следует обращаться к прототипу, использовать подходящие передачи этого трактора. В качестве примера рассмотрим простейшую схему колесного трактора, имеющего 4 передачи переднего хода (рисунок 1.3). Из предыдущих расчетов получены: $i_{mp1}, i_{mp2}, \dots, i_{mpn}$

i_0 и i_k , а также:

$$i_{\partial r1} = \frac{i_{\partial \partial 1}}{i_0 \cdot i_e} \quad i_{\partial rj} = \frac{i_{\partial \partial j}}{i_0 \cdot i_e}, \quad (1.35)$$

т.е. $i_{кн1}, i_{кн2}, \dots, i_{к.n.n.}$

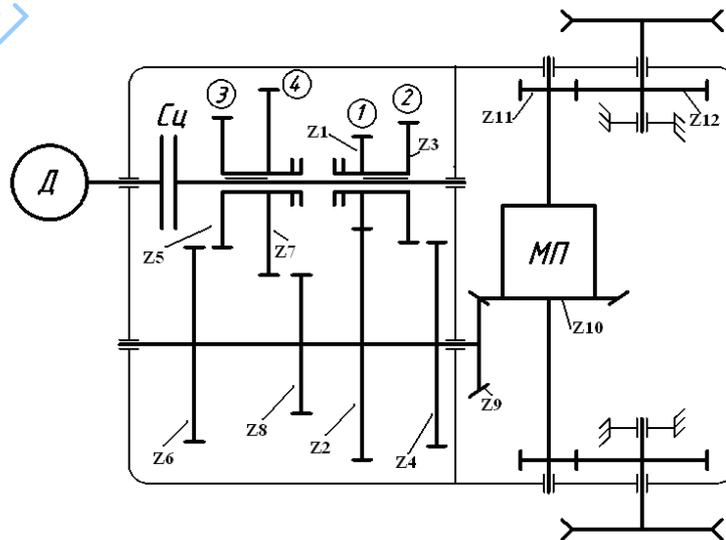


Рисунок 1.3 – Кинематическая схема колесного трактора

Как видно из кинематической схемы, в трансмиссии трактора всего 12 шестерён. Нужно начинать с конечной передачи, которая передает большой крутящий момент и имеет крупные зубья, часто ведущая шестерня выполняется за одно целое с валом. Выбирают Z_{11} , а $Z_{12} = i_k * Z_{11}$.

Главная передача, также с учетом конструктивных особенностей тракторных трансмиссии выбирают ведущую шестерню Z_9 , а $Z_{10} = Z_9 * i_0$.

При определении зубьев шестерен коробки передач нужно начинать с 1 передачи – самая малая шестерня передает вращение самой большой.

Для определения числа зубьев шестерен КПП задаемся межцентровым расстоянием a , мм (расстояние между промежуточным и вторичным валом КПП) и модулем зубьев m .

Межцентровое расстояние выбирается из ряда: 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280.

Модуль зубьев выбирается из ряда: 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5.

Межцентровое расстояние и модуль зубьев для всех передач КПП берется одинаковым.

Суммарное число зубьев передачи КПП определяется по формуле:

$$\sum Z' = \frac{2a}{m}, \quad (1.36)$$

Полученное значение $\sum Z'$ округляют до целого числа и оно постоянное для всех передач КПП.

Предварительное число зубьев Z_1' определяется по формуле:

$$Z_1' = \frac{\sum Z}{i_{КПП1} + 1}, \quad (1.37)$$

Полученное значение Z_1' округляют до целого числа.

$$Z_2 = \sum Z - Z_1, \quad (1.38)$$

Уточненное значение $i_{КПП1}$ определяется по формуле:

$$i_{КПП1} = \frac{Z_2}{Z_1}, \quad (1.39)$$

Аналогично определяют число зубьев и передаточное число КПП для остальных передач.

После определения количества зубьев всех шестерен, нужно определить уточненные значения передаточных чисел трансмиссии:

$$i_{\text{тр}1}^y, i_{\text{тр}2}^y \dots i_{\text{тр}n}^y$$

по количеству зубьев.

Для 1 передачи:

$$i_{\text{тр}1}^y = \frac{Z_{12} \cdot Z_{10} \cdot Z_2}{Z_{11} \cdot Z_9 \cdot Z_1}; \quad (1.40)$$

Аналогично для всех остальных передач. При дальнейших расчетах используются только уточненные значения передаточных чисел.

Подсчитанные числа зубьев всех шестерен ($Z_1 \dots Z_{12}$) и уточненные значения передаточных чисел трансмиссии трактора занести в таблицу 1.6.

Таблица 1.6 – Уточненные значения передаточных чисел трансмиссии трактора

| Параметр | Передачи в трансмиссии | | | | | |
|--|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Передаточные числа трансмиссии $i_{\text{тр}}$ | $i_{\text{тр}1}^y =$ | $i_{\text{тр}2}^y =$ | $i_{\text{тр}3}^y =$ | $i_{\text{тр}4}^y =$ | | |
| Передаточное число главной передачи i_0 | $i_0 =$ | | | | | |
| Передаточное число конечной передачи i_k | $i_k =$ | | | | | |
| Номера шестерён | Z_1 | Z_2 | Z_3 | Z_4 | и.т.д. | Z_{12} |
| Числа зубьев | | | | | | |

1.10 Расчет и построение теоретической тяговой характеристики трактора

1.10.1 При расчете без использования ЭВМ

Эта характеристика рассчитывается и строится для работы на заданном агрофоне на всех передачах, общий вид которой представлен на рисунке 1.7. Теоретическая тяговая характеристика состоит из 2-х частей: в нижней части даны зависимости основных параметров тракторного двигателя от величины крутящего момента на его коленчатом валу ($N_e, G_T, n_e = f(M_e)$).

Верхняя часть представляет собой тяговую характеристику трактора – $V_d, N_{кр}, g_{кр}, \delta, \eta_{тяг} = f(P_{кр})$.

Для построения этой характеристики берут лист формата А2. В левой части середины листа отмечают начало координат – точку 0, от которой вправо откладывают величину P_f до точки 01, а от 01 вправо откладывают

$P_{кр}$. Поскольку $P_{кр} + P_f = P_k$, то вся ось от начала точки 0 будет касательной силой тяги. Масштаб определяют исходя из величины этих сил на 1 – передаче при $M_{емax}$:

$$D_{ei\max} = D_{epi\max} + D_f = \frac{M_{емax} \cdot i_{\delta} \cdot \eta_{\delta}}{r_{\delta}}, \text{ Н} \quad (1.41)$$

При этом:

$$P_f = f \cdot m_y \cdot 9,81, \text{ Н} \quad (1.42)$$

где величину f – уже берут для заданного агрофона.

Откладывают также и номинальные значения $P_{кр.ном}$ или $P_{кр.ном}$ на всех передачах. Ниже оси $P_{кр}$ проводят дополнительные оси M_e – на каждую передачу свое, на которых отмечают $M_{емax}$ и $M_{е.ном}$, которые будут соответствовать величинам $P_{кр.маx}$ и $P_{кр.ном}$ по передачам, через эти точки проводят вспомогательные вертикальные линии.

От начала координат точки 0 вниз проводят ось, по этой оси откладывают параметры двигателя N_e , G_T и g_e (рисунок 1.7), масштаб выбирают так, чтобы кривые не мешали друг – другу. До вертикальных линий, проходящих через точки $M_{е.ном}$ и $P_{кр.ном}$ – характеристики двигателя на регуляторной части, поэтому эти линии будут прямыми, их рассчитывать не нужно, нужно только отложить номинальные значения соответственно N_e , G_T и g_e , а вот в зоне от $M_{е.ном}$ до $M_{емax}$ – находят из корректорной части характеристики двигателя и проводят до вертикали $M_{емax}$ в виде кривой через дополнительные 2...3 точки.

Для построения верхней части вертикальную ось проводят из точки 1 вверх.

Для масштабных отметок рядом с основными осями проводят дополнительные оси как вниз, так и вверх. При выборе масштабов нужно учитывать размещение кривых так, чтобы они не мешали и не сливались (рисунок 4).

В нижней части теоретической тяговой характеристики рассчитывают и строят кривую буксования на заданном агрофоне по известной уже формуле:

$$\delta = a \cdot p + v \cdot p^c, \quad (1.43)$$

При этом величиной $P_{кр}$ задаются от 0 до $P_{крмаx}$ на соответствующей передаче.

Далее рассчитывают и строят действительную скорость движения трактора на всех передачах:

$$V_g = V_T \cdot (1 - \delta) = 0,105 \cdot \frac{n_{ен} \cdot r_k}{i_{mp}} (1 - \delta) \quad , \text{ м/с} \quad (1.44)$$

Начало этих кривых будет на вертикале, проведенном из точки 0 вверх при условном движении при оборотах двигателя n_x/x (при $P_f = 0$).

Следующий шаг – расчет и построение мощности на крюке трактора:

$$N_{e\delta} = \frac{D_{e\delta} \cdot V_{\dot{a}}}{1000} = \frac{D_{e\delta} \cdot V_{\dot{o}}(1 - \delta)}{1000}, \text{ кВт} \quad (1.45)$$

Для оценки экономичности работы рассчитывают и строят удельную крюковую расход топлива.

$$g_{кр} = \frac{G_T}{N_{кр}}, \text{ г/кВт}\cdot\text{ч} \quad (1.46)$$

Последним рассчитывают и строят тяговый к.п.д. трактора.

$$\eta_{тяг} = \frac{N_{кр}}{N_e}, \quad (1.47)$$

При этом $N_{кр}$ и N_e - текущие значения, берут на одной вертикале в верхней и нижней части графиков.

Для построения кривой зависимости нужно иметь пять и более точек, при расчетах это нужно иметь ввиду.

Расчетные величины заносят в таблицу 1.7.

Таблица 1.7 - Данные для построения теоретической тяговой характеристики трактора

| Передачи | $P_{кр}$ Н. | n_e мин ⁻¹ | N_e кВт | G_T кг/ч. | δ | V_d м/с | $N_{кр}$ кВт | $g_{кр}$ г/кВт·ч | $\eta_{тяг}$ |
|----------|----------------|----------------------------|--------------|----------------|----------|--------------|-----------------|---------------------|--------------|
| 1. | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | |

Нужные значения $P_{кр}$, n_e , N_e , G_T берутся из графика.

В заключение приводятся анализ и выводы: на каких передачах и почему выгодно работать в заданных условиях, какие при этом должны быть скорости движения и усилия на крюке.

1.10.2 Расчеты с использованием ЭВМ

Для расчета теоретической тяговой характеристики трактора с помощью ЭВМ необходимо подготовить таблицу 1.8

Таблица 1.8 – Данные для расчета теоретической тяговой характеристики трактора

| № п/п | Наименование параметра | Обозначение | | Величина |
|-------|---|-------------|-------------|----------|
| | | Обычное | в программе | |
| 1. | Масса трактора, кг | m_0 | M | |
| 2. | Радиус ведущих колес, м | r_k | R | |
| 3. | К.п.д. трансмиссии | $\eta_{тр}$ | H4 | |
| 4. | Малые обороты холостого хода двигателя, мин^{-1} | $n_{емин}$ | H1 | |
| 5. | Номинальные обороты вала двигателя, мин^{-1} | $n_{еном}$ | H2 | |
| 6. | Мах. обороты холостого хода двигателя, мин^{-1} | $n_{сх/х}$ | H3 | |
| 7. | Номинальный момент двигателя, Н·м | $M_{еном}$ | M2 | |
| 8. | Мах. момент двигателя, Н·м | $M_{емах}$ | M3 | |
| 9. | Номинальный часовой расход топлива, кг/ч | $G_{тном}$ | G2 | |
| 10. | Часовой расход на холостом ходу, кг/ч | $G_{тх/х}$ | G3 | |
| 11. | Удельный расход топлива, г/кВт·ч | $g_{еном}$ | G4 | |
| 12. | Коэффициент сопротивления качению на заданном фоне | f | F | |
| 13. | Коэффициент сцепления на заданном фоне | φ | F1 | |
| 14. | Коэффициент распределения веса на ведущие колеса | λ_k | L | |
| 15. | Коэффициенты для расчета буксования | a | A5 | |
| 16. | | b | B5 | |
| 17. | | c | C5 | |
| 18. | Обороты двигателя при $M_{емах}$ | n_0 | H6 | |

| | | | | |
|-----|---|--------------|----|-----|
| 19. | Номинальное усилие на крюке, Н | Ркр.ном | Р | |
| 20. | Уточненные значения передаточных чисел трансмиссии трактора | $i_{тр.1}$ | I1 | |
| 21. | | $I_{тр.2}$ | I2 | |
| 22. | | $i_{тр.3}$ | I3 | |
| 23. | | $i_{тр.4}$ | I4 | |
| 24. | Начальное значение усилия на крюке, Н | $P_{кр.нач}$ | P1 | 10. |
| 25. | Номин. мощность, кВт | $N_{еном}$ | N2 | |
| 26. | Коэффициент C_1 | C_1 | C1 | |
| 27. | Коэффициент $C_2=2-C_1$ | C_2 | C2 | |

Данные в машину вводятся тремя блоками : с 1 по 14, т.е. до λ_k , далее в следующую строчку с 15 по 24, т.е. до $P_{кр.нач.}$, а затем в третью строчку остальные три параметра.

По результатам расчетов машина выдает распечатку, где, правые 5 колонок – это данные по двигателю:

N – n_e , мин⁻¹;
 N – N_e , кВт;
 $M1$ – M_e , Н·м;
 G – G_T , кг/ч;
 $G1$ – g_e , г/кВт·ч.

Следующие 6 – это параметры трактора:

P – $P_{кр}$, Н;
 B – δ ;
 $V1$ – $V_{дв}$, м/с;
 $N1$ – $N_{кр}$, кВт;
 $G5$ – $g_{кр}$, г/кр.кВт·ч;
 $H5$ – $\eta_{тяг}$.

По этим данным строят теоретическую тяговую характеристику, пример которой показан на рисунке 1.4.

2 ТЯГОВЫЙ, ДИНАМИЧЕСКИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТЫ АВТОМОБИЛЯ

2.1 Определение основных параметров автомобиля

К основным параметрам автомобиля относятся: мощность двигателя $N_{ен}$, масса (или вес) автомобиля $m_{авт}$ ($G_{авт}$), масса груза (или вес) $m_{гр}$ ($G_{гр}$), размеры и количество колес и др.

Их нужно определить.

2.2 Определение мощности автомобильного двигателя $N_{енном}$

Потребную мощность двигателя автомобиля для движения с заданной скоростью V_{max} , в заданных дорожных условиях ψ определяют по следующей формуле:

$$N_{ен} = \frac{V_{max} [\psi (m_{авт} + m_{гр}) \cdot 9,81 + K_b \cdot F \cdot V_{max}^2]}{10^3 \cdot \eta_{тр}}, \text{ кВт} \quad (2.1)$$

где, V_{max} – макс. скорость движения, м/с.

ψ – коэф. суммарного дорожного сопротивления, принимается равным 0,03...0,04;

$m_{авт}$, $m_{гр}$ – соответственно масса автомобиля и масса груза, кг;

K_b – коэф. сопротивления воздуха, $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$;

F – площадь сечения автомобиля, м^2 ;

$\eta_{тр}$ – к.п.д. трансмиссии автомобиля, $\eta_{тр} = 0,9$.

2.3 Определение массы автомобиля и массы груза связанной с помощью коэффициента грузоподъемности K_r

$$K_r = \frac{m_{гр}}{m_{авт}}, \quad (2.2)$$

При этом принимается:

для автомобиля 4К2 – $K_r = 1,05...1,10$.

для 4К4 – $K_r = 0,90 - 0,95$

для 6К4 или 6К6 – $K_r = 0,85...0,9$.

Отсюда, если задана масса груза, то масса автомобиля будет:

$$m_{авт} = \frac{m_{гр}}{K_r}, \text{ кг} \quad (2.3)$$

По величине грузоподъемности ($m_{гр}$), собственной массе машины ($m_{авт}$), колесной формуле определяют (выбирают) прототип будущей машины из имеющихся, если точно такой нет, то наиболее близкой. Далее необходимо дать описание прототипа, т.е. привести основные его технические параметры.

2.4 Выбор колес автомобиля

В отличие от трактора, на автомобиле все колеса применяются одинаковые, но и здесь при их выборе учитываются: нагрузка на одно колесо, условие работы, а так же колесная формула: автомобили типа 4К2 или 6К4 в качестве задних колес принимают сдвоенные колеса, а в качестве направляющих (передних) – одинарные.

Для автомобилей 4К2 – нагрузка на одно переднее колесо будет:

$$G_{n1} = \frac{m_n \cdot 9,81 \cdot \lambda_n}{2}, \text{ Н.} \quad (2.4)$$

где $m_n = m_{авт} + m_{гр}$ – полная масса груженого автомобиля.

На одно заднее колесо:

$$G_{к1} = \frac{m_n \cdot 9,81 \cdot \lambda_k}{4}, \text{ Н.} \quad (2.5)$$

Для автомобилей 6К4, на одно заднее колесо будет:

$$G_{к1} = \frac{m_n \cdot 9,81 \cdot \lambda_k}{8}, \text{ Н.} \quad (2.6)$$

Для автомобилей 4К4:

$$G_{n1} \approx G_{к1} = \frac{m_n \cdot 9,81}{4}, \text{ Н.} \quad (2.7)$$

Для автомобилей 6К6:

$$G_{n1} \approx G_{к1} = \frac{m_n \cdot 9,81}{6}, \text{ Н.} \quad (2.8)$$

Далее по справочникам по пневматическим автотракторным шинам по величинам G_{n1} и $G_{к1}$ подбирают нужные колеса, например, для автомобиля Газ-3507 подойдет шина тип размера 8,50-20 (в дюймах).

Радиус такой шины будет:

$$r_k = 0,0254 \cdot [0,5 \cdot d + H(1 - \delta_r)], \text{ м} \quad (2.9)$$

где, 0,0254 – коэффициент перевода дюймов в метры;

d – посадочный диаметр шины (вторая цифра, т.е. 20) в дюймах;
 H – высота профиля в дюймах (первая цифра в обозначении);
 $\delta_r = 0,11 \dots 0,13$ – коэффициент радиальной деформации шины.

2.5 Расчет и построение скоростной (или регуляторной) характеристики автомобильного двигателя

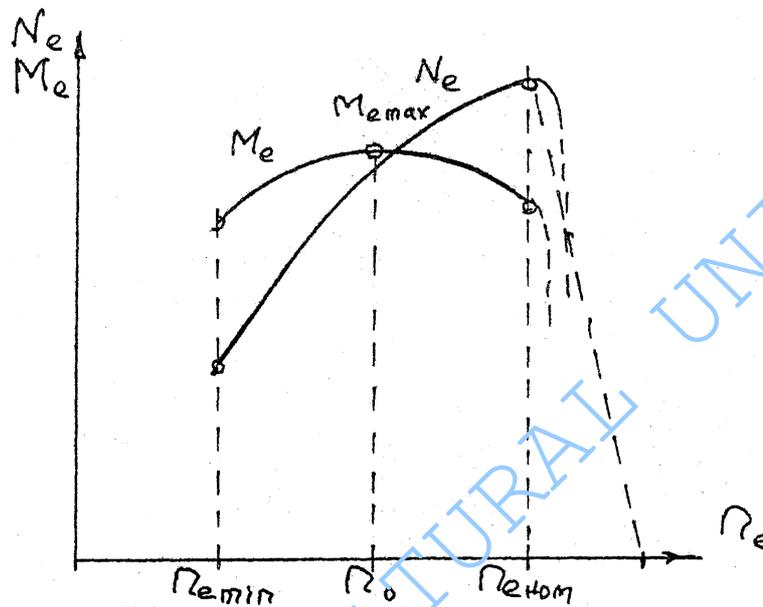


Рисунок 2.1 – Скоростная (регуляторная) характеристика автомобильного двигателя

Порядок расчета этих характеристик описан в разделе – расчет трактора.

Только при расчете характеристик автомобиля используют лишь левую часть характеристики двигателя, т.е. при оборотах вала двигателя от n_{\min} до $n_{\text{ном}}$.

2.6 Определение передаточных чисел трансмиссии автомобиля

Автомобильные трансмиссии часто включают только два узла – коробку передач и главную передачу. Кроме того, автомобильные коробки передач имеют прямую передачу, как правило, это 4 или 5 передача, тогда:

$$i_{\text{тр}} = i_{\text{к.п.}} \cdot i_0 = 1 \cdot i_0, \quad (2.10)$$

На автомобилях Газ – 3308, Газ – 3309 – это 4 передача, а на автомобилях типа ГАЗ 3507, тоже 4 – прямая, а 5 – повышающая.

Для случая, когда в коробке всего 4 передачи и 4 – прямая, передаточное число главной передачи найдется :

$$i_0 = 0,105 \cdot \frac{n_{ен} \cdot r_k}{V_{max}}, \quad (2.11)$$

где, V_{max} – наибольшая скорость движения автомобиля, м/с.

Если V_{max} – в км/ч, то:

$$i_0 = 0,377 \cdot \frac{n_{ен} \cdot r_k}{V_{max}}, \quad (2.12)$$

где, r_k – радиус колес, м;

$n_{еном}$ – номинальные числа оборотов кол. вала двигателя, мин⁻¹.

Определение передаточного числа коробки передач начинают с первой передачи. Передаточное число самой низшей передачи должно удовлетворять следующим требованиям:

– обеспечить преодоление повышенных дорожных сопротивлений с учетом возможных подъемов.

При этом $\psi_{max} = f_{max} + \sin \alpha_{max} = 0,4 \dots 0,5$.

Для этого на ведущих колесах должна быть достаточно большая касательная сила тяги:

$$P_{kmax} = \frac{M_{e max} \cdot i_{к.н.1} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp}}{r_k} \geq m_n \cdot 9,81 \cdot \psi_{max}, \quad (2.13)$$

Отсюда:

$$i_{к.н.1} \geq \frac{m_n \cdot 9,81 \cdot \psi_{max} \cdot r_k}{M_{e max} \cdot i_0 \cdot \eta_m}, \quad (2.14)$$

С другой стороны, передаточное число на 1– передаче не должно быть слишком большим, чтобы ведущие колеса автомобиля при передаче P_{kmax} не буксвали.

Для этого:

$$P_{k max} = \frac{M_{e max} \cdot i_{кн1} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp}}{r_k} \leq P_{\phi max} = \phi_{max} \cdot \lambda_k \cdot m_n \cdot 9,81, \quad (2.15)$$

Отсюда:

$$i_{к.н.1} \leq \frac{\phi_{max} \cdot \lambda_k \cdot m_n \cdot 9,81 \cdot r_k}{M_{e max} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp}}, \quad (2.16)$$

где, ϕ_{max} – коэффициент сцепления ведущих колес автомобиля в хороших дорожных условиях $\phi_{max} \approx 0,75 \dots 0,85$;

λ_k – коэфф. распределения массы на ведущие колеса $\lambda_k \approx 0,65 \dots 0,70$;
 M_{emax} – наибольший крутящий момент автомобильного двигателя, берется из скоростной или регуляторной характеристик двигателя, Н·м.

Величину $i_{\text{кп1}}$ выбирают между полученными выше величинами. Определив $i_{\text{кп1}}$, можно приступить к выбору остальных, используя для этого 1 метод – метод геометрической прогрессии.

$$q = {}^{n-1} \sqrt{\frac{i_{\text{мпn}}}{i_{\text{мп1}}}} = {}^{n-1} \sqrt{\frac{i_{\text{кн4}} \cdot i_0}{i_{\text{кн1}} \cdot i_0}}, \quad (2.17)$$

где, n – количество передач, в нашем случае принимается равным 4.

Далее:

$$i_{\text{кн2}} = i_{\text{кн1}} \cdot q;$$

$$i_{\text{к.н.3}} = i_{\text{к.н.2}} \cdot q = i_{\text{к.н.1}} \cdot q^2.$$

Передаточные числа трансмиссии автомобиля будут:

$$i_{\text{мп1}} = i_{\text{к.н.1}} \cdot i_0;$$

$$i_{\text{мп2}} = i_{\text{к.н.2}} \cdot i_0;$$

$$i_{\text{мп3}} = i_{\text{к.н.3}} \cdot i_0;$$

$$i_{\text{мп4}} = i_{\text{к.н.4}} \cdot i_0 = 1 \cdot i_0 = i_0.$$

Следующие шаги – выбор кинематической схемы трансмиссии, определение зубьев шестерен, определение уточненных значений $i_{\text{тр}}$. Поскольку все это уже делали при расчете трактора и в целях уменьшения рутинной работы в дальнейших расчетах можно использовать полученные ранее значения $i_{\text{трi}}$, тем более, разница будет небольшой.

2.7 Расчет и построение тяговой, динамической и экономической характеристик автомобиля

2.7.1 Расчет и построение тяговой и динамической характеристик автомобиля

Расчет и построение производятся на базе построенной ранее скоростной (регуляторной) характеристики автомобильного двигателя, представленной на рисунке 2.1.

Тяговой характеристикой автомобиля называют зависимость касательной силы тяги на его ведущих колесах от скорости движения, т.е. $P_k = f(v)$, а динамической характеристикой – зависимость динамического фактора автомобиля так же от скорости его движения:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G_n} = f(v), \quad (2.18)$$

где, P_w – сопротивление воздуха, Н;
 G_n – полный вес нагруженного автомобиля.

$$G_n = m_n \cdot 9,81 = (m_{cv} + m_{zp}) \cdot 9,81 \quad (2.19)$$

Расчетные формулы:

$$P_k = \frac{M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_k} = \frac{30 \cdot 10^3 N_e \cdot \eta_{mp} \cdot i_{mp}}{\pi \cdot n_e \cdot r_k}, \quad (2.20)$$

$$D = \frac{M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp} - K_g \cdot F \cdot V^2 \cdot r_k}{r_k \cdot G_n}, \quad (2.21)$$

$$V = 0,105 \cdot \frac{n_e \cdot r_k}{i_{mp}}, \text{ м/с} \quad (2.22)$$

В эти формулы ставят величины N_e , M_e и n_e из рисунка (рисунок 2.1) на каждой передаче от n_{emin} до n_{enom} (не менее 5...6 точек). Результаты расчетов заносят в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Данные для расчет тяговой, динамической и экономической характеристик автомобиля

| n_e , МИН ⁻¹ | N_e , кВт | 1-передача | | | 2-передача | | | 3-передача | | | 4-передача | | |
|------------------------------|----------------|--------------|--------------|-----|--------------|--------------|-----|--------------|--------------|-----|--------------|--------------|-----|
| | | P_k , Н | V , м/с | D |
| n_{emin} | | | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | | | |
| . | | | | | | | | | | | | | |
| n_{enom} | | | | | | | | | | | | | |

Заполнить таблицу, построить рисунок $P_k = f(v)$ и $D = f(v)$.

Кроме того, на рисунке $P_k = f(v)$ еще строят график $P_w = f(v)$.

Для этого:

$$P_w = K_g \cdot F \cdot V^2, \text{ Н.} \quad (2.23)$$

Величину V – берут от нуля, до V_{max} (не менее 5...6 точек).

На динамической характеристике отмечают:

V_{max} , при $f = 0,015 \dots 0,018$ (на хорошем сухом асфальте);

D_{max} – на 1 и 4 – передачах.

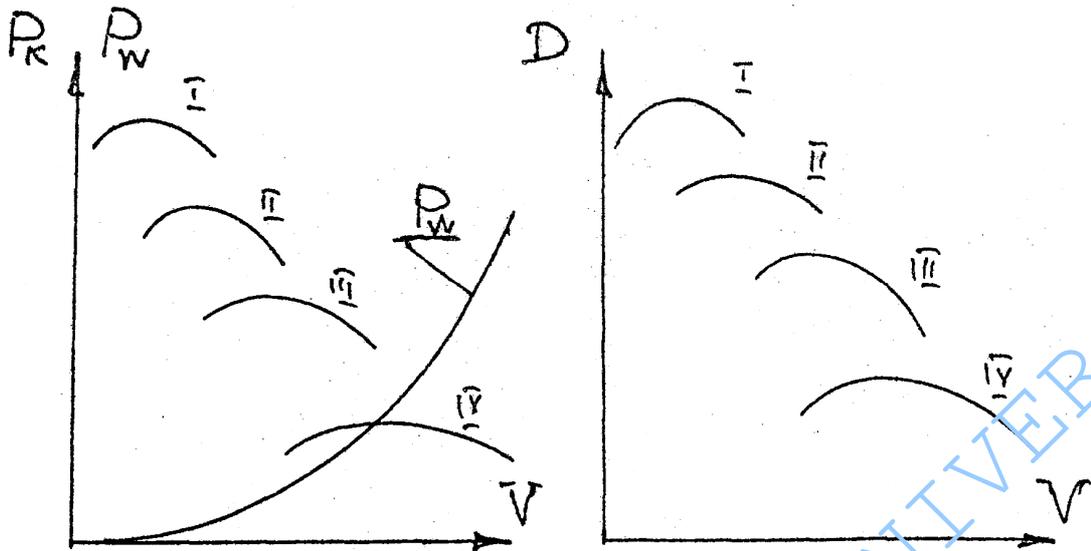


Рисунок 2.2 – Тяговая и динамическая характеристика автомобиля

2.7.2 Расчет и построение экономической характеристики автомобиля

Топливную экономичность автомобиля принято оценивать расходом топлива в литрах на 100 км пройденного пути при движении по горизонтальному асфальтовому шоссе с полной нагрузкой :

$$Q_s = \frac{g_e \cdot N_e}{10 \cdot V \cdot \gamma_T} \cdot \frac{\text{л}}{100 \text{ км пути}} \quad (2.24)$$

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

V – скорость движения автомобиля, км/ч;

γ_T – плотность топлива, кг/л (для бензина $\gamma_T = 0,725$, для дизельного “зимнего” топлива $\gamma_T = 0,84$).

Потребная мощность двигателя N_e для движения в заданных условиях с данной скоростью можно определить так:

$$N_e = \frac{P_k \cdot V}{1000 \cdot 3,6 \cdot \eta_{mp}} = \frac{V \cdot (G_n \cdot \psi + \frac{K_b \cdot F \cdot V^2}{13})}{1000 \cdot 3,6 \cdot \eta_{mp}}, \quad \text{кВт}, \quad (2.25)$$

где, ψ – коэфф. суммарного дорожного сопротивления (от асфальта до грунтовой дороги $\psi = 0,02 \dots 0,045$) ;

$K_b \cdot F$ - фактор сопротивления воздуха, $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$;

G_n – полный вес груженого автомобиля, Н.

V – скорость движения, км/ч.

Величину g_e определяют так:

$$g_e = g_{enom} \cdot K_n \cdot K_N, \quad (2.26)$$

где, K_n – коэффициент, влияющий на величину g_e в зависимости от скорости вращения коленчатого вала двигателя, определяется из графика – рисунок ба;

K_{Π} – коэффициент, влияющий на величину g_e в зависимости от развиваемой двигателем мощности N_e ,

Таблица 2.2 - Данные для расчета экономической характеристики автомобиля

| n/n | V, км/ч | n_e , МИН ⁻¹ | n_e/n | K_{Π} | N_e | $N_e/N_{ен}$ | K_{Π} | g_e | Q_s |
|-----|------------|------------------------------|---------|-----------|-------|--------------|-----------|-------|-------|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |

При расчетах задаются величиной скорости движения V на прямой передаче при 2 значениях ψ (например: асфальт и грунтовая дорога).

Величину оборотов двигателя n_e определяют:

$$n_e = \frac{V \cdot i_{mp}}{0,377 \cdot r_k} = \frac{V \cdot i_0}{0,377 \cdot r_k}, \text{ МИН}^{-1}. \quad (2.27)$$

где, $i_{тр}$ – передаточное число, на прямой передаче $i_{тр} = i_0$;

r_k – радиус колес, м;

V – скорость движения, км/ч.

По полученным величинам строят зависимость $Q_s = f(v)$, вид такой характеристики на 3-х дорожных условиях видно из рисунка 7.

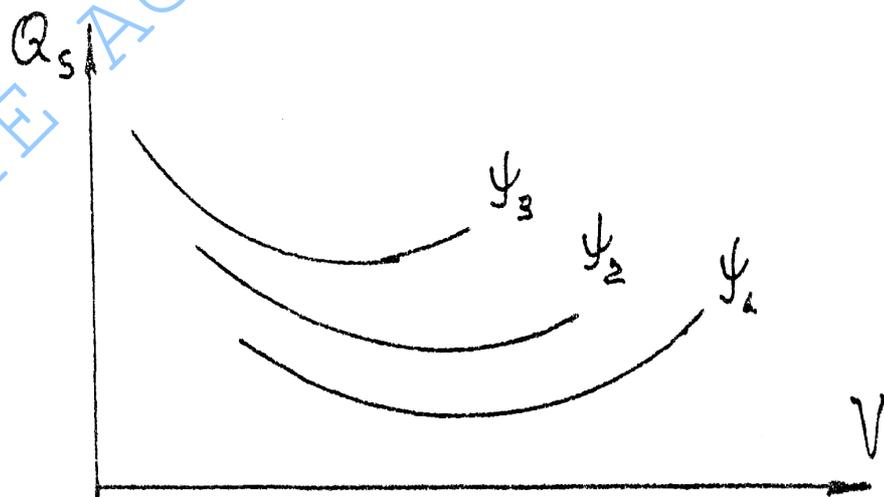


Рисунок 2.4 – Экономическая характеристика автомобиля $\psi_1 < \psi_2 < \psi_3$.

Курсовая работа завершается анализом и выводами по полученным рисункам.

2.8 Расчет тяговой, динамической и экономической характеристик автомобиля с использованием ЭВМ

После определения основных параметров автомобиля следует подготовить данные для ввода в ЭВМ:

Таблица 2.3 – Данные для расчета тяговой, динамической и экономической характеристик автомобиля с использованием ЭВМ

| N, n/n | Наименование Параметра | Обозначение | | Величина |
|-----------|---|--------------------|----------------|----------|
| | | Обычное | в программе | |
| 1. | Номинальная мощность двигателя, кВт | $N_{\text{ном}}$ | N | |
| 2. | Номинальная частота вращения к/вала, мин^{-1} | $n_{\text{ном}}$ | H | |
| 3. | Полная масса автомобиля, кг | m_p | M | |
| 4. | К.п.д. трансмиссии автомобиля | $\eta_{\text{тр}}$ | H3 | |
| 5. | Радиус ведущих колес, м | r_k | R | |
| 6. | Коэффициент для расчета мощности | C_1 | C1 | |
| 7. | Коэффициент для расчета мощности | C_2 | C2 | |
| 8. | Удельный расход топлива, г/кВт·ч | $g_{\text{ен}}$ | G | |
| 9. | Передаточные числа трансмиссии автомобиля | $i_{\text{тр1}}$ | I1 | |
| 10. | | $i_{\text{тр2}}$ | I2 | |
| 11. | | $i_{\text{тр3}}$ | I3 | |
| 12. | | $i_{\text{тр4}}$ | I4 | |
| 13. | Сопротивление качению автомобиля | f | F | |
| 14. | Начальные обороты вала двигателя, мин^{-1} | n_{emin} | H2 | |
| 15. | Коэффициент учета вращающихся масс | β | B | |
| 16. | Фактор сопротивления воздуха, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$ | $K_e \cdot F$ | W | |
| 17. | Плотность топлива, $\text{г} / \text{см}^3$ | γ_T | G2 | |

Эти данные вводят в таком же порядке в две строчки: вначале 8 параметров (до $g_{\text{еном}}$), а затем остальные 9.

В результате расчетов ЭВМ дает две распечатки:

| | |
|------------------------------|---|
| Первая — $N1, H1, M1, P,$ | Вторая — $V, P1, D, I$ |
| $H1 - n_e, \text{мин}^{-1};$ | $V - \text{скорость, м/с};$ |
| $M1 - M_e, \text{Нм};$ | $Q_s - \text{расход топлива,}$ $\text{л/100км};$ |
| $P - P_k, \text{Н};$ | $D - D;$ |
| $V - V, \text{м/с};$ | $I - j, \text{м/с}^2;$ |
| $P1 - P_w, \text{Н}.$ | |

По полученным данным строят зависимости: $P_k, P_w = f(v), D = f(v), I = f(v), Q_s = f(v)$ и характеристику двигателя $N_e, M_e = f(n_e)$. При этом необходимо строго соблюдать требования ЕСКД.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1 – Технические характеристики колесных тракторов

| Параметры | Марки тракторов | | | | | | | |
|--|---------------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|-----------------------|-------------|---------|
| | ВТЗ-2032 | ВТЗ-60ТК | МТЗ-80 | МТЗ-82 | МТЗ-1221 | К 3180 АТМ- ММЗ | К-744 Р1 | К-744Р4 |
| Тяговый класс трактора, кН | 6 | 9 | 14 | 14 | 20 | 30 | 50 | 80 |
| Тип движителя | Колеса с пневматическими шинами | | | | | | | |
| Колесная схема | 4x2 | 4x4 | 4x2 | 4x4 | 4x4 | 4x4 | 4x4 | 4x4 |
| Мощность двигателя, кВт | 22,1 | 44,2 | 58,8 | 58,8 | 96 | 130 | 221 | 309 |
| Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, мин ⁻¹ | 2000 | 2100 | 2200 | 2200 | 2100 | 2100 | 1900 | 1900 |
| Конструктивная масса трактора, кг | 2020 | 3400 | 3160 | 3370 | 5300 | 7300 | 13500 | 16000 |
| Продольная база трактора, мм | 1775 | 2160 | 2370 | 2160 | 2760 | 2870 | 3750 | 3750 |
| Колея, мм | 1200 –1500 | 1200 – 1280 | 1200 – 1280 | 1200 –1280 | 1500 – 1900 | 2000 | 2115 | 2100 |
| Радиус ведущих колес, мм | 590 | 12,4 R24 | 15,5 R38 | 15,5 R38 | 18,4 R38 | 20,8R42 | 28,1 R26 | 30,5R32 |
| Число передач | 8 | 8 | 9 | 9 | 16 | 16 | 16 | 16 |

Таблица 2 – Технические характеристики гусеничных тракторов

| Параметры | Марки тракторов | | | | | | |
|--|-----------------|------------|--------|--------|-------------|-----------|------------|
| | Т-70С | ДТ-75М | ВТ-100 | ВТ-150 | ВТ-200 | ЧТЗ Т-10М | ЧТЗ Т-130М |
| Тяговый класс трактора, кН | 20 | 30 | 30 | 30 | 40 | 60 | 60 |
| Тип гусеничного движителя | Полужесткий | Эластичный | | | Полужесткий | | |
| Мощность двигателя, кВт | 51,5 | 66,1 | 110 | 110 | 158 | 132 | 121 |
| Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, мин ⁻¹ | 2100 | 1750 | 1750 | 1850 | 2000 | 1200 | 1250 |
| Конструктивная масса трактора, кг | 4400 | 6250 | 7820 | 7820 | 9200 | 13000 | 14320 |
| Продольная база трактора, мм | 1895 | 2546 | 2580 | 2870 | 2460 | 2880 | 2478 |
| Колея, мм | 1350 | 1435 | 1330 | 1330 | 1384 | 1880 | 1880 |
| Радиус начальной окружности ведущей звездочки, мм | 320 | 355 | 355 | 379 | 385 | 424 | 424 |
| Число передач | 8 | 7 | 5 | 5 | 5 | 4 | 7 |

Таблица 3 – Технические характеристики автомобилей

| Параметр | ГАЗ-3308 | УАЗ-33036 | ГАЗ-3507 | ГАЗ-3309 | Камаз - 4308 | Камаз-5320 | Камаз-65115 |
|---|----------|-----------|----------|----------|--------------|------------|-------------|
| Грузоподъемность в тоннах | 2,5 | 1,5 | 4 | 4 | 5 | 8,0 | 15 |
| Номинальная мощность двигателя, кВт | 120 | 112 | 125 | 120 | 131 | 154,4 | 221 |
| Частота вращения коленчатого вала двигателя при номинальной мощности, мин ⁻¹ | 2500 | 4200 | 3200 | 3200 | 2500 | 2600 | 2200 |
| Коэффициент приспособляемости двигателя | 1,12 | 1,33 | 1,11 | 1,11 | 1,15 | 1,1 | 1,09 |
| Собственная масса автомобиля, кг | 3990 | 1510 | 3615 | 3450 | 5800 | 6800 | 10550 |
| Полная масса при наибольшей нагрузке, кг | 5950 | 2660 | 7955 | 8200 | 11000 | 15025 | 25225 |
| База автомобиля, мм | 3300 | 2300 | 3700 | 3700 | 3800 | 3850 | 3950 |
| Координата ц. т. продольная, мм | 2030 | 1100 | 1740 | 1750 | 2200 | 2340 | 2450 |
| Высота центра тяжести над уровнем земли, мм | 820 | 750 | 830 | 820 | 800 | 770 | 900 |
| Высота пола платформы над землей, мм | 1550 | 1000 | 1260 | 1350 | 1500 | 1370 | 2450 |
| Ширина колеи передних колес, мм | 1800 | 1442 | 1577 | 1630 | 2500 | 2010 | 2550 |
| Ширина колеи задних колес, мм | 1750 | 1442 | 1650 | 1690 | 2200 | 2000 | 2200 |

| | | | | | | | |
|---|------|------|------|-------|------|------|------|
| Площадь лобового сопротивления, м ² | 4,4 | 2,9 | 3,2 | 3,6 | 4,1 | 5,08 | 5,0 |
| Радиус качения колес, мм | 470 | 360 | 436 | 470 | 480 | 470 | 530 |
| Момент инерции массы колес, Н*с*м ² | 7,5 | 2,79 | 7,5 | 8,37 | 13 | 21,7 | 27 |
| Момент инерции массы вращающихся частей двигателя, Н*с*м ² | 0,28 | 0,28 | 0,5 | 0,28 | 0,62 | 3,1 | 2,4 |
| Максимальная скорость, км/ч | 95 | 95 | 90 | 85 | 100 | 90 | 95 |
| Общие передаточные числа трансмиссии на: | | | | | | | |
| 1-ой передаче | 6,48 | 3,78 | 6,48 | 6,286 | 5,62 | 7,82 | 9,48 |
| 2-ой передаче | 3,09 | 2,60 | 3,09 | 3,391 | 2,89 | 4,03 | 6,58 |
| 3-ой передаче | 1,71 | 1,55 | 1,71 | 2,133 | 1,64 | 2,5 | 4,68 |
| 4-ой передаче | 1 | 1 | 1 | 1,351 | 1 | 1,53 | 3,48 |
| 5-ой передаче | - | - | - | 1 | 0,72 | 1 | 2,62 |
| 6-ой передаче | - | - | - | - | - | - | 1,89 |
| 7-ой передаче | - | - | - | - | - | - | 1,32 |
| 8-ой передаче | - | - | - | - | - | - | 1 |
| 9-ой передаче | - | - | - | - | - | - | 0,75 |

Таблица 4 – Коэффициенты сопротивления качению f и коэффициенты сцепления φ тракторов и автомобилей

| Вид почвы или дороги | Тракторы на пневматических шинах | | Гусеничные тракторы | |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | f | φ | f | φ |
| Асфальтированное шоссе | 0,01-0,02 | 0,8-0,9 | | |
| Гравийное шоссе | 0,020-0,03 | 0,6 | – | – |
| Грунтовая сухая дорога | 0,02-0,045 | 0,6-0,8 | 0,02-0,07 | 0,9-1,0 |
| Целина, плотная залежь | 0,03-0,07 | 0,7-0,9 | 0,06-0,07 | 1,0-1,1 |
| Залежь 2—3 лет | 0,06-0,08 | 0,6-0,8 | 0,06-0,07 | 0,9-1,0 |
| Стерня | 0,08-0,10 | 0,6-0,8 | 0,06-0,08 | 0,8-1,0 |
| Вспаханное поле | 0,12-0,188 | 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 |
| Скошенный луг, влажный | 0,08 | 0,6-0,8 | 0,07 | 0,7-0,9 |
| Слежавшаяся пахота | 0,08-0,12 | 0,5 | 0,08 | 0,6 |
| Укатанная снежная дорога | 0,03-0,04 | 0,3-0,4 | 0,06-0,07 | 0,5-0,7 |
| Обледенелая дорога | 0,02-0,025 | 0,1-0,3 | 0,03-0,04 | 0,2-0,4 |
| Болотно-торфяная целина осушенная | – | – | 0,11-0,14 | 0,4-0,6 |
| Песок | 0,16-0,18 | 0,3-0,4 | 0,10-0,15 | 0,4-0,5 |

Автомобили

| Вид почвы или дороги | f | φ |
|------------------------------|-------------|-----------|
| Асфальтированное шоссе | 0,015-0,020 | 0,6-0,75 |
| Гравийно-щебеночная дорога | 0,020-0,030 | 0,5-0,65 |
| Будыжная мостовая | 0,025-0,035 | 0,4-0,5 |
| Сухая грунтовая дорога | 0,03-0,05 | 0,5-0,7 |
| Грунтовая дорога после дождя | 0,05-0,15 | 0,35-0,5 |
| Песок | 0,17-0,30 | 0,65-0,75 |
| Снежная укатанная дорога | 0,03-0,04 | 0,3-0,35 |

Таблица 5 – Коэффициенты обтекаемости и лобовые площади автомобилей

| Типы машин | Коэффициент обтекаемости автомобиля k_f | Площадь лобовой поверхности F , м ² |
|-------------------------------|---|--|
| Легковые с закрытыми кузовами | 0,2-0,36 | 1,3-2,8 |
| Грузовые автомобили | 0,6-0,75 | 4,5~6>5 |
| Тягачи с прицепом | 0,8 | 4,5-6,5 |

Таблица 6 – Коэффициенты сопротивления плуга при вспашке

| Вид почвы | Коэффициент сопротивления плуга, Н/см ² |
|---------------|--|
| Легкие почвы | Меньше 3,5 |
| Средние почвы | 3,5-6 |
| Тяжелые почий | 6,1-8 |
| Очень тяжелые | Больше 8 |

Таблица 7 – Приведенный коэффициент μ сопротивления повороту гусеничных тракторов

| | | | |
|---------------------|-----------------|--|-----------------|
| Сухая почва плотная | $\mu = 0,8-1,0$ | Суглинистая почва влажностью более 20% | $\mu = 0,3-0,4$ |
| Сухая пахота | $\mu = 0,6-0,7$ | | |

Таблица 8 – Справочные данные по тракторным и автомобильным шинам

| Размер шин в дюймах | Давление воздуха в шинах, МПа | Грузоподъемность шины в кг при указанном давлении воздуха |
|--|-------------------------------|---|
| Для тракторов | | |
| 8—32 | 0,08—0,17 | 535—680 |
| 9—20 | 0,08—0,14 | 500—695 |
| 9—42 | 0,08—0,14 | 695—1180 |
| 10—28 | 0,08—0,11 | 690—845 |
| 11—38 | 0,08—0,15 | 975—1410 |
| 12—38 | 0,08—0,14 | 1130—1570 |
| 13—30 | 0,1—0,13 | 1360—1550 |
| 15—20 | 0,11—0,14 | 2100—2420 |
| Для грузовых автомобилей и прицепов | | |
| 6,50—20 | 0,275—0,35 | 500—750 |
| 7,50—20 | 0,275—0,35 | 850—1000 |
| 8,25—20 | 0,275—0,4 | 1000—1300 |
| 9,0—20 | 0,325—0,45 | 1250—1550 |
| 10,00—18 | 0,35—0,50 | 1400—1700 |
| 10,00—20 | 0,35—0,50 | 1500—1800 |
| 11,00—20 | 0,35—0,50 | 1700—2050 |
| 12,00—20 | 0,425—0,55 | 2100—2400 |

ЛИТЕРАТУРА**а) основная литература**

1. Автомобили: Учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский; Под ред. А.В. Богатырева. - 3-е изд., стер. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014.
2. Баширов Р.М. Основы теории и расчета автотракторных двигателей: учебник / Р.М.Баширов. - Уфа: БашГАУ, 2010. – 304с.
3. Вахламов В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студентов высш учеб заведений / В К Вахламов. – 5-е изд., стер. - М.: Изд-кий центр Академия, 2010. – 528с.
4. Гребнев В.П. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства: учебное пособие / В.П.Гребнев, О.И. Поливаев, А.В. Ворохобин; Под общ. ред. О.И. Поливаева. – М.: КНОРУС, 2011. – 264с.
5. Тракторы и автомобили Учебник / А.В. Богатырев, В.Р. Лехтер // - М.: КолосС, 2008. - 392 с.

б) дополнительная литература

6. Автомобили и тракторы: Краткий справочник/ В.И. Баловнев, Р.Г. Данилов. – М.: Академия, 2008. – 384 с.
7. Ксенович И.П., Шарипов В.М. и др. Тракторы. Конструкция. / Учебник для студентов вузов/. – М.: Машиностроение, 2000. – 821с.
8. Практикум по автотракторным двигателям/ М.Л. Насоновский, А.Н. Корабельников, В.Л. Чумаков. – М.: Колос, 2010. – 239 с.
9. Теория трактора и автомобиля: практикум/ Г.М. Кутьков, В.Р. Лехтер. - М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. - 46 с.
10. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов: Учебник для студентов вузов. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2009. - 752 с.

KAZAN STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY

KAZAN STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY