

**РЯЗАНСКОЕ ВЫСШЕЕ ВОЗДУШНО-ДЕСАНТНОЕ КОМАНДНОЕ  
УЧИЛИЩЕ (ВОЕННЫЙ ИНСТИТУТ)**

**Факультет коммуникаций и автомобильного транспорта**

**Кафедра автомобиля и автомобильное хозяйство**

**Дисциплина  
Конструкция и эксплуатационные свойства транспортных и  
транспортно-технологических машин и оборудования  
(КиЭС ТиТМО)**

**С.А.Шевченко**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ  
ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ  
«РАСЧЁТ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ  
АВТОМОБИЛЯ»**

**Учебно-методическое пособие для студентов  
очной и заочной форм обучения**

**Рязань 2013 г.**

## Содержание

Введение.....	5
<b>1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ</b> .....	<b>6</b>
1.1 Цель и задачи контрольного задания .....	6
1.2 Порядок выполнения контрольного задания .....	6
1.3 Правила и требования к оформлению контрольного задания.....	7
<b>2 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПОВЕРОЧНОГО ТЯГОВОГО РАСЧЕТА АВТОМОБИЛЯ</b> .....	<b>8</b>
2.2 Расчет и построение динамической характеристики .....	10
2.2.1 Определение характеристики двигателя .....	10
2.2.2 Определение параметров динамической характеристики .....	12
2.3 Расчет параметров приемистости машины .....	14
2.3.1 Определение ускорения машины .....	14
2.3.2 Определение времени разгона .....	15
2.3.3 Определение пути разгона .....	17
2.4 Решение задач с использованием полученных параметров расчета и характеристик .....	18
Список литературы .....	20
Приложения	

## Перечень основных условных обозначений и сокращений

АТ – автомобильная техника;

ГП – главная передача;

КАП – карданная передача;

КОП – колесная передача;

КП – коробка передач;

КПД – коэффициент полезного действия;

ПК – персональный компьютер;

РК – раздаточная коробка;

ТХ – техническая характеристика;

$m_{\varphi}$  – сцепная масса машины, кг;

$m_A$  – полная масса машины, кг;

$m_C$  – масса машины в снаряженном состоянии, кг;

$m_G$  – номинальная масса перевозимого груза, кг;

$m_{\text{Э}}$  – масса экипажа, кг;

$H_{ш}$  – высота профиля шины, м;

$U_{КП}$ ,  $U_{РК}$ ,  $U_{ГП}$ ,  $U_{ТР}$  – передаточное число соответственно КП, РК, ГП, трансмиссии;

$\eta_{КП}$ ,  $\eta_{РК}$ ,  $\eta_{ГП}$ ,  $\eta_{ТР}$  – коэффициент полезного действия соответственно КП, РК, ГП, трансмиссии;

$G_A$  – сила тяжести машины, Н;

$P_A$  – сила тяги машины, Н;

$P_W$  – сила сопротивления воздуха машины, Н;

$M_{дв}$  – момент двигателя, Н·м;

$N_E$ ,  $N_{E \max}$  – текущая и максимальная эффективная мощность двигателя, Вт;

$\rho_w$  – плотность воздуха,  $\rho_w = 1,223 \text{ кг/м}^3$ ;

$D$  – динамический фактор машины;

$S$  – путь, пройденный машиной (длина маршрута), м (км);

- $\tau$  – время, затраченное машиной для преодоления пути  $S$ , с;
- $V, j$  – скорость и ускорение машины, м/с (км/ч), м/с<sup>2</sup>;
- $f, \psi$  – коэффициенты сопротивления качению и движению машины;
- $\delta_A$  – коэффициент учета вращающихся масс машины;
- $A, B_K$  – коэффициенты соответственно учета вращающихся масс силовой установки с трансмиссией и движителя;
- $\alpha$  – угол наклона опорной поверхности, град;
- $N_{ДН}, N_H, N_T$  – мощность двигателя, Вт;
- $H$  – высота машины, м;
- $B$  – ширина колеи машины, м;
- $C_X$  – коэффициент обтекаемости;
- $I_D, I_K$  – момент инерции вращающихся деталей двигателя и колеса, кг·м<sup>2</sup>;
- $r_{СТ}, r_K$  – радиус соответственно статический и качения колеса, м;
- $\lambda_z$  – коэффициент вертикальной деформации шины;
- $K_{ЛОБ}$  – коэффициент формы лобовой площади машины;
- $d_{П}$  – посадочный диаметр обода шины, м;
- $g$  – ускорение свободного падения,  $g \approx 9.81$  м/с<sup>2</sup>;
- $F_{ЛОБ}$  – лобовая площадь машины, м<sup>2</sup>;
- $n_E, n_N$  – частота вращения соответственно коленчатого вала двигателя, соответствующая максимальной мощности, мин<sup>-1</sup>;
- $K_{П}$  – коэффициент потерь мощности двигателя на работу вспомогательного оборудования;
- $z_T, z_{П}$  – число колес соответственно тягача и прицепа;
- $\varepsilon$  – коэффициент распределения нагрузки по осям;
- $a_1, a_2, a_3$  – коэффициенты, полученные опытным путем;

## Введение

Тяговый расчет устанавливает количественную зависимость между основными конструкционно-расчетными параметрами колесной машины в целом и их агрегатов, с одной стороны, и между скоростными и тяговыми свойствами в заданных условиях движения с другой стороны.

Различают два вида тягового расчета: поверочный тяговый расчет и проектировочный тяговый расчет автомобиля.

Поверочный тяговый расчет производится для существующего автомобиля, основные конструкционные параметры которой известны. Цель его – определить тягово-скоростные свойства и возможности в конкретных (заданных) дорожных условиях.

Методика поверочного тягового расчета основана на расчете и построении динамической характеристики автомобиля, которая строится по внешней скоростной характеристике двигателя. Такая методика позволяет находить предельные числовые значения тягово-скоростных свойств автомобиля, соответствующие полной подаче топлива в цилиндры двигателя.

Проектировочный расчет производится для вновь проектируемой машины. Цель такого расчета – определить основные конструкционные параметры машины и необходимые характеристики её механизмов по заданным скоростным и тяговым свойствам.

# **1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ**

## **1.1 Цель и задачи контрольного задания**

Цель контрольного задания по дисциплине КиЭС ТиТТМО состоит в систематизации и закреплении полученных знаний по разделу дисциплины «Теория эксплуатационных свойств автомобиля», в получении навыков проведения расчетов, решения задач, анализа выбираемых параметров и полученных результатов, а также в формулировании обоснованных выводов при расчетах.

В процессе выполнения контрольного задания должны быть решены следующие задачи:

- изучение требований стандартов, руководств, инструкций и другой нормативно технической документации к тягово-скоростным качествам автомобиля;
- обоснованно принять и систематизировать необходимые исходные данные для выполнения расчетов;
- получить навыки в выполнении расчетов с помощью ПК;
- уяснить основные закономерности, возникающие при взаимодействии автомобиля с дорогой, влияние на тяговые качества автомобиля его конструктивных и эксплуатационных факторов;
- получить навыки в организации самостоятельной работы над полученным заданием, в работе с источниками и документацией, правильного оформления пояснительной записки, графиков.

## **1.2 Порядок выполнения контрольного задания**

Контрольное задание выполняется в соответствии с индивидуальным заданием на выполнение.

Вариант индивидуального задания (приложение А) выбирается студентом самостоятельно.

Работа может состоять из следующих этапов:

- изучение индивидуального задания, подбор литературы и необходимой справочной информации, уяснение цели и задачи поверочного тягового расчета автомобиля, выбор и анализ исходных данных, оформление введения;

- расчет параметров скоростной (внешней) характеристики двигателя и построение динамической характеристики автомобиля;

- построение графиков величин, обратных ускорениям, времени и пути разгона;

- решение задач с помощью динамической характеристики автомобиля;

- в заключение по тяговому расчету делаются выводы, в которых дается оценка тяговым свойствам рассчитываемого автомобиля в заданных дорожных условиях;

- окончательное оформление пояснительной записки.

Задание выполняется индивидуально а часы самостоятельной работы и представляется руководителю (преподавателю) на проверку с последующей защитой.

### **1.3 Правила и требования к оформлению контрольного задания**

Контрольное задание состоит из пояснительной записки, содержащей не менее 10-15 страниц текста, расчет с необходимыми пояснениями, формулами, таблицами, графиками, обоснованиями и выводами на листах формата А-4, оформленной в соответствии с СТО 2-2008 и содержащая следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- задание;
- содержание
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

Пояснительную записку выполняют одним из способов: рукописным, чернилами черною цветом или с использованием компьютера и принтера (кегель 14 пт, тип шрифта - Times New Roman, междустрочный интервал – полуторный);

Образец выполнения и оформления контрольного задания приведен в приложении Д.

Тяговый расчет может быть выполнен с использованием различных расчетных программ. В этом случае выполненные расчеты оформляются в приложении.

## 2 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПОВЕРОЧНОГО ТЯГОВОГО РАСЧЕТА АВТОМОБИЛЯ

### 2.1 Выбор и определение исходных параметров

Выбор значений исходных параметров для поверочного тягового расчета указанной марки машины осуществляется из справочной технической литературы, исходные параметры основных марок автомобилей представлены в приложении Б.

При проведении поверочного тягового расчета необходимы следующие параметры:  $m_C$ ,  $m_G$ ,  $U_{кп}$ ,  $U_{рк}$ ,  $U_{гп}$ ,  $\eta_{кп}$ ,  $\eta_{рк}$ ,  $\eta_{гп}$ ,  $H$ ,  $B$ ,  $C_x$ ,  $r_{ст}$ ,  $K_{лоб}$ .

Полную массу автомобиля определяют по формуле

$$m_A = m_C + m_G + m_{\text{Э}} \quad (1)$$

Масса экипажа  $m_{\text{Э}}$  определяется из расчета количества человек, умноженного на массу каждого.

При отсутствии данных о статическом радиусе его величину можно приближенно определить по маркировке шин:

\* В обозначении шины обычного профиля **12.00 - 22.00 (320-508)** - первые числа **12.00 (320)** - высота профиля шины  $H_m$ , соответственно в дюймах и



миллиметрах, для расчетов принимаем  $H_{ш} = 320$  мм. Вторые числа **22.00 (508)** - посадочный диаметр шины колеса  $d_n$ , для расчетов принимаем  $d_n = 508$  мм

$$r_{CT} = 0,5 \cdot d_n + \lambda_z \cdot H_{ш} \quad , \quad (2.1)$$

где  $\lambda_z$  – коэффициент вертикальной деформации шины, кг,  $\lambda_z = 0,8-0,9$  [1], принимаем  $\lambda_z = 0,8$ .

$$r_{CT} = 0,5 \cdot 0,508 + 0,8 \cdot 0,320 = 628 \text{ мм.} = 0,628 \text{ м.}$$

\*\* В обозначении радиальной шины обычного профиля **225/75R16** - первое число **225** - ширина профиля  $B_{ш}$  в миллиметрах, **75** - процент соотношения ширины профиля к высоте профиля шины  $H_{ш}$ , **16** - посадочный диаметр в дюймах (для перевода в миллиметры умножаем на 25,4)

$$r_{CT} = 0,5 \cdot (d_n \cdot 25,4) + \lambda_z \cdot (B_{ш} \cdot (75/100)) \quad , \quad (2.2)$$

где  $\lambda_z$  – коэффициент вертикальной деформации шины, кг,  $\lambda_z = 0,8-0,9$  [1], принимаем  $\lambda_z = 0,8$ .

$$r_{CT} = 0,5 \cdot (16 \cdot 25,4) + 0,8 \cdot (225 \cdot 0,75) = 628 \text{ мм} = 0,628 \text{ м.}$$

\*\*\* В обозначении широкопрофильной шины **1300x530-533** - первое число **1300** - наружный диаметр шины в миллиметрах

$$r_{CT} = 0,5 \cdot d_n \cdot \lambda_z \quad , \quad (2.3)$$

где  $\lambda_z$  – коэффициент вертикальной деформации шины, кг,  $\lambda_z = 0,8-0,9$  [1], принимаем  $\lambda_z = 0,8$ .

$$r_{CT} = 0,5 \cdot 1300 \cdot 0,8 = 628 \text{ мм} = 0,628 \text{ м.}$$

Силу тяжести, действующую на автомобиль, определяют по формуле

$$G_A = m_A \cdot g \quad , \quad (3)$$

Общее передаточное число трансмиссии, начиная с низшей – в РК и первой – второй передачи в КП и, далее – высшей в РК и каждой передачи в КП, начиная с первой, определяют по формуле

$$U_{ТПi} = U_{КПi} \cdot U_{РКi} \cdot U_{ГП} \quad . \quad (4)$$

В случае отсутствия на машине какого-либо агрегата, его передаточное отношение принимается равным единице.

Общий КПД трансмиссии определяют по формуле

$$\eta_{TPi} = \eta_{KPi} \cdot \eta_{PKi} \cdot \eta_{ГП} \cdot \quad (5)$$

Ниже приведены значения КПД агрегатов механических трансмиссий для средних эксплуатационных условий:

- коробка передач – от 0.95 до 0.98;
- раздаточная коробка – от 0.95 до 0.98;
- главная передача – от 0.96 до 0.98.

При работе двигателя по внешней характеристике КПД механической трансмиссии можно принять равным  $\eta_{TP}$  от 0,85 до 0,95 (меньшее значение относится к полноприводным грузовым колесным машинам, большее – к легковым).

Лобовая площадь машины определяют по формуле

$$F_{ЛОБ} = K_{ЛОБ} \cdot B \cdot H \cdot \quad (6)$$

Коэффициент  $K_{ЛОБ}$  зависит от формы и степени заполнения лобовой площади внутри колеи машины. Для грузовых машин с кузовом-платформой  $K_{ЛОБ} = 0,8$ , для машин с тентом или кузовом фургоном  $K_{ЛОБ} = 0,9$ , для легковых машин  $K_{ЛОБ} = 0,8$ .

Выбранные и рассчитанные данные сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Исходные данные

Наименование параметра	Условное обозначение	Размерность	Численные значения
Полная масса машины	$m_a$	кг	12000
...	...	...	...
и так далее (следующий параметр)			

## 2.2 Расчет и построение динамической характеристики

### 2.2.1 Определение характеристики двигателя

Определение характеристики двигателя является одним из наиболее ответственных этапов тягового расчета. Под характеристикой двигателя подразумевают

меваются зависимость эффективной мощности и крутящего момента двигателя от частоты вращения коленчатого вала при определенной подаче топлива.

Для выполнения тягового расчета необходимо иметь не менее пяти значений параметров  $N_E$  и  $n_E$ . С графика внешней скоростной характеристики двигателя (приложение В) снимаются координаты, представляющего график зависимости  $N_E = f(n_E)$ .

Текущее значение  $n_{Ei}$  определяется делением эксплуатационного диапазона частот вращения коленчатого вала двигателя от минимально устойчивой  $n_{min}$  до соответствующей  $N_{E_{max}}$   $n_N$ , как минимум, на четыре участка с одинаковым интервалом между  $n_{Ei}$ . Снятые с внешней скоростной характеристики двигателя значения  $N_E$  и  $n_E$  заносят в таблицу 2.

Рекомендуется одно из значений  $n_E$  принять равным частоте, при которой  $M_E$  максимален (в соответствии с технической характеристикой автомобиля).

Таблица 2 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

Обозначение параметра	Текущее значение параметра					
$n_E$	$n_{E1}$	$n_{E2}$	$n_{E3}$	$n_{E4}$	и т. д.	$n_{Ei}$
$N_E$	$N_{E1}$	$N_{E2}$	$N_{E3}$	$N_{E4}$	...	$N_{Ei}$

Данные таблицы 2 не могут быть использованы в тяговом расчете, так как внешняя скоростная характеристика двигателя снимается при отсутствии некоторых обслуживающих устройств и систем (глушитель, вентилятор, насос гидроусилителя и т. д.). При расчете необходимо учитывать потери мощности на их привод, выраженные в долях в коэффициенте  $K_{II}$ .

Потери мощности в двигателе на вспомогательное оборудование могут составлять: в глушителе - от 1 до 3 %; в воздухоочистителе – от 1 до 2 %; на привод: вентилятора – от 1 до 6 %; компрессора – от 2 до 4 %; насоса гидроусилителя руля – от 2 до 4 %;

Для дальнейшего расчета в границах указанных диапазонов необходимо задаться потерями мощности ( $II$ ) и просуммировать их. Затем определить коэффициент  $K_{II}$  по выражению

$$K_n = \frac{\Sigma \Pi}{100}. \quad (7)$$

Таким образом, мощность двигателя с учетом потерь, выраженная в долях и снимаемая с маховика, может составлять

$$N_e' = (1 - K_n)N_e. \quad (8)$$

Для принятых значений  $n_{Ei}$  определяется мощность  $N_{Ei}'$ . Ее значения заносят в таблицу 3.

Таблица 3 – Внешняя скоростная характеристика двигателя с учетом потерь на привод вспомогательного оборудования

Обозначение параметра	Текущее значение параметра					
	$n_{E1}$	$n_{E2}$	$n_{E3}$	$n_{E4}$	и т. д.	$n_{Ei}$
$n_E$	$n_{E1}$	$n_{E2}$	$n_{E3}$	$n_{E4}$	и т. д.	$n_{Ei}$
$N_E'$	$N_{E1}'$	$N_{E2}'$	$N_{E3}'$	$N_{E4}'$	...	$N_{Ei}'$

### 2.2.2 Определение параметров динамической характеристики

К параметрам динамической характеристики относятся: скорость колесной машины  $V_A$ , сила тяги на колесах  $P_A$ , сила сопротивления воздуха  $P_W$  и динамический фактор  $D_A$ . Эти параметры определяются на всех передачах и их расчет производится по формулам:

$$V_A = \frac{\pi \cdot n_e \cdot r_K}{30 \cdot U_{TP}}, \quad (9)$$

$$P_A = \frac{N_E' \cdot \eta_{TP}}{V_A}, \quad (10)$$

$$P_W = 0,5 \cdot C_X \cdot \rho_B \cdot F_{ЛОБ} \cdot V_A^2, \quad (11)$$

$$D_A = \frac{P_A - P_W}{G_A}. \quad (12)$$

В формуле (9) параметр  $r_K$  принимать равным  $r_{СТ}$ .

Для перевода размерности  $V_A$  из м/с в км/ч полученное значение необходимо умножить на коэффициент 3,6.

Результаты расчета параметров динамической характеристики сводят в таблицу 4.

Таблица 4 – Динамическая характеристика

№ передачи в КП	№ передачи в РК	$U_{TP}$	$V_A$		$P_A,$ Н	$P_w,$ Н	$D_A$
			м/с	км/ч			
1	2	3	4	5	6	7	8

По этим данным строится динамическая характеристика  $D_{Ai} = f(V_{Ai})$  (рисунок 1) на листе формата А4.

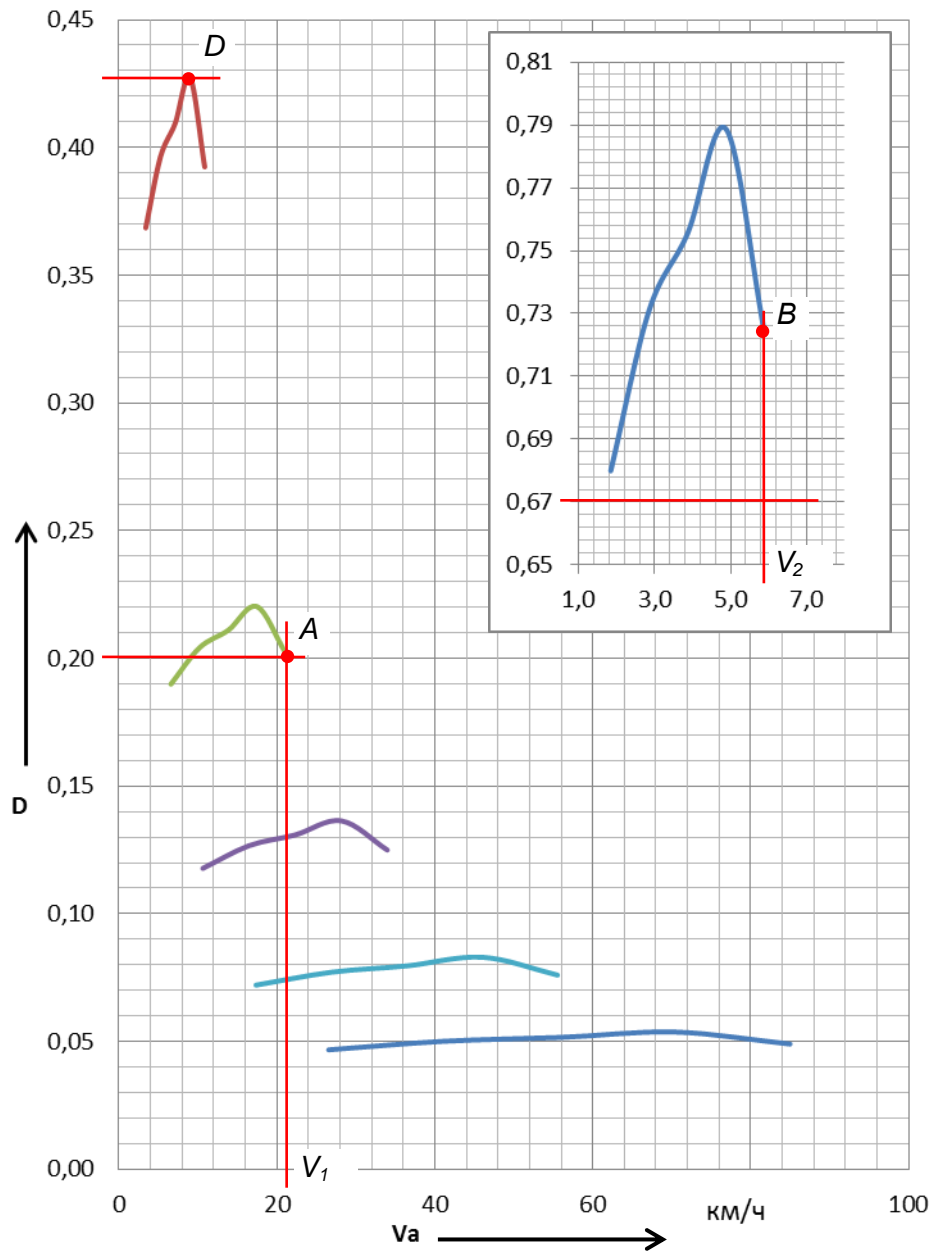


Рисунок 1 – Динамическая характеристика автомобиля

В завершении подраздела 1.2 необходимо сделать вывод, в котором сравнить рассчитанное значение максимальной скорости с  $V_{max}$  в технической характеристике машины.

### 2.3 Определение параметров интенсивности разгона автомобиля

Приемистость является скоростным свойством машины, которая характеризует его способность быстро трогаться с места и увеличивать скорость движения. Приемистость машины включает следующие параметры: ускорение  $j_A$ , время  $\tau$  и путь  $S$  разгона.

#### 2.3.1 Определение ускорения машины

Ускорение машины на  $i$ -ой передаче определяют по формуле

$$j_{Ai} = (D_I - \psi) \frac{g}{\delta_{Ai}}. \quad (13)$$

Коэффициент  $\delta_{Ai}$  определяют по эмпирической формуле

$$\delta_{Ai} = 1 + A \cdot U^2_{TPi} + B_K, \quad (14)$$

где  $A$  – характеризует влияние кинетической энергии силовой установки

$$A = \frac{I_D \cdot \eta_{TP}}{m_A \cdot r_K^2};$$

$$B_K - \text{влияние кинетической энергии колес } B_K = \frac{\sum_{i=1}^n I_{Ki}}{m_A \cdot r_K^2}.$$

Коэффициенты  $A$  и  $B_K$  определяют опытным путем. При отсутствии значений моментов инерции деталей силовой установки  $I_D$  и колес  $I_{Ki}$  ориентировочно можно принимать  $A$  от 0,001 до 0,002;  $B_K$  от 0,03 до 0,05. Если расчетная масса  $m_p$  машины меньше полной массы  $m_A$ , то  $A$  и  $B_K$  увеличиваются в отношении  $m_A/m_p$ .

Коэффициент сопротивления дороги  $\psi$  в формуле (13) дается в задании или может быть определен по формуле

$$\psi = f \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha . \quad (15)$$

Значения коэффициента  $f$  и угла  $\alpha$  также задаются в задании. Полученные расчетным путем на каждой передаче значения  $j_{Ai}$ ,  $\delta_{Ai}$  и  $\psi$  (значение  $\psi$  – общее для машины при движении на любых передачах) заносят в таблицу 5, кроме того, в таблицу 5 из таблицы 4 переносятся значения  $V_A$  и  $D_{Ai}$ , рассчитываются значения отрезка ( $D_{Ai} - \psi$ ) и величины, обратные ускорениям  $1/j_{Ai}$ , на всех передачах.

Таблица 5 – Расчетные параметры ускорений и их обратные величины

Номер передачи в КП	$V_{Ai}$		$D_{Ai}$	$\psi$	$D_{Ai} - \psi$	$\delta_{Ai}$	$j_{Ai}$ м/с <sup>2</sup>	$1/j_{Ai}$ с <sup>2</sup> /м
	м/с	км/ч						
1	2	3	4	5	6	7	8	9

### 2.3.2 Определение времени разгона

Время разгона определяется вычислением интеграла из выражения

$$\tau = \int_{V_H}^{V_K} \frac{1}{j_{Ai}} dV . \quad (16)$$

Расчет времени разгона  $\tau$ , в течение которого машина достигает конечной скорости  $V_K$ , в учебных целях производится методом графического интегрирования результатов, полученных с помощью выражения (16).

Для этого, используя данные таблицы 5, на миллиметровой бумаге строится график зависимости величин, обратных ускорениям от скорости движения машины  $1/j_{Ai} = f(V_{Ai})$ , (рисунок 2).

Площадь под кривыми  $1/j_{Ai} = f(V_{Ai})$  разбивается на ряд участков. Границы промежуточных участков должны соответствовать минимальным значениям величин  $1/j_{Ai}$ .

Время разгона на границе участков определяют по формуле

$$\tau = [M_\tau] \cdot \sum_{i=1}^{i=n} F_i . \quad (17)$$

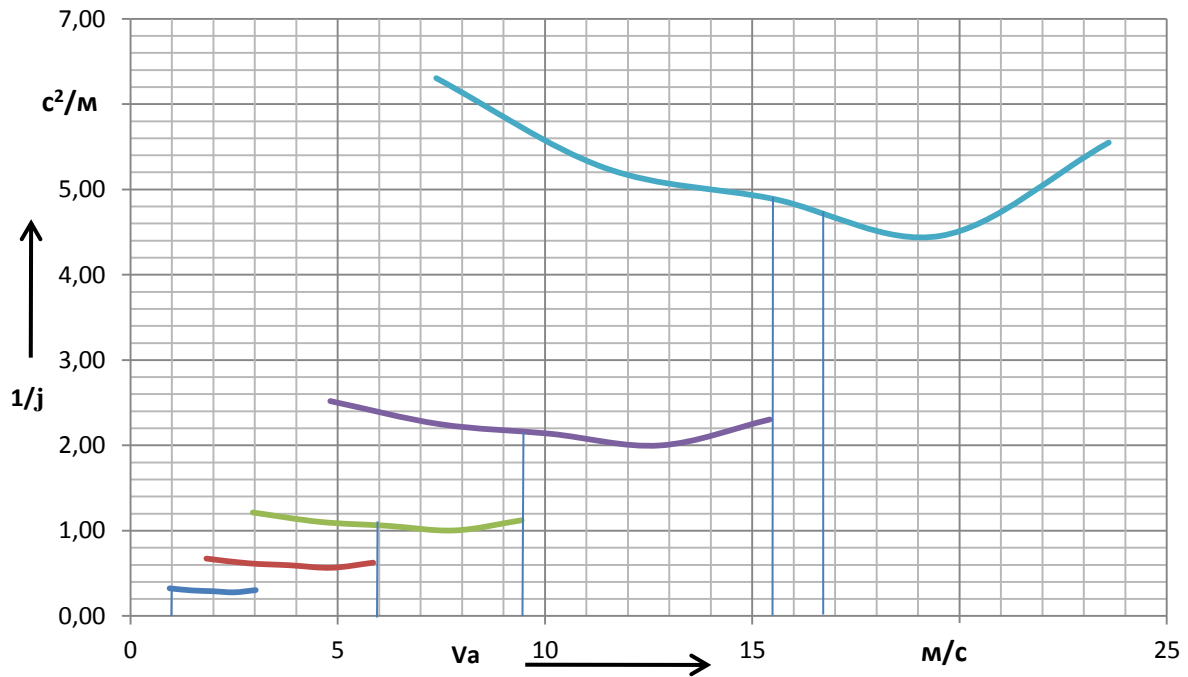


Рисунок 2 – График величин, обратных ускорениям

Численное значение площади  $\sum_{i=1}^{i=n} F_i$  под кривыми  $1/j_{Ai} = f(V_{Ai})$  каждого  $i$ -го участка определяется суммированием предшествующих площадей с нарастающим итогом.

Масштаб времени разгона  $[M_\tau]$  определяют по формуле

$$[M_\tau] = \left[ M_{\frac{1}{j_A}} \right] \cdot [M_V]. \quad (18)$$

Для проведения расчета  $[M_\tau]$  рекомендуется следующий масштаб величин, обратных ускорениям  $\left[ M_{\frac{1}{j_A}} \right] = 0,1 \frac{c^2}{m \cdot mm}$ , и масштаб скорости

$$[M_V] = 0,1 \frac{m}{c \cdot mm}.$$

Результаты расчета времени разгона  $t$  сводятся в таблицу 6, по данным которой строится график зависимости скорости движения автомобиля  $t = f(V_A)$  (рисунок 3).



Таблица 6 – Расчет параметров времени разгона

$V_{Ai}$	$V_{A1}$	$V_{A2}$	и т. д.	$V_{AN}$
$\sum_{i=1}^{i=n} F_i$	$F_1$	$F_1 + F_2$		$F_1 + F_2 + \dots + F_N$
$t_i$	$t_1$	$t_2$		$t_N$

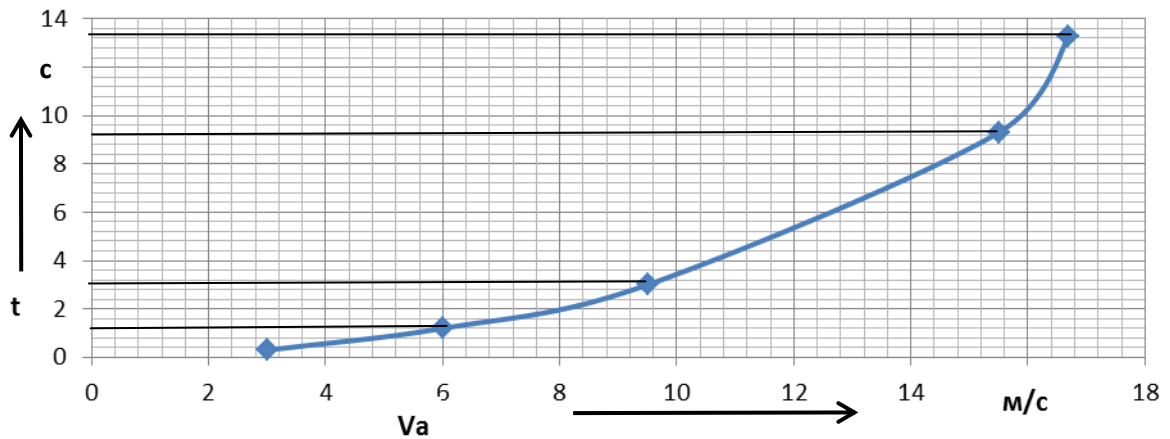


Рисунок 3 – График времени разгона

### 2.3.3 Определение пути разгона

Путь разгон определяется вычислением интеграла

$$S = \int_{\tau_0}^{\tau_n} V_{Ai} dV, \quad (19)$$

где  $t_0 = 0$ ,

$t_n$  – время, соответствующее скорости  $V_K$ .

Интегралы (19), определяют графическим методом.

Площадь под кривой  $V_{An} = f(t_n)$  разбивается на ряд участков. Границы промежуточных участков принимаются равными значениям  $t_i$  из таблицы 6.

Путь разгона на границе участка определяют по формуле

$$S = [M_S] \cdot \sum_{i=1}^{i=n} F_i. \quad (20)$$

Методика определения суммарной площади  $\sum_{i=1}^{i=n} F_i$  каждого  $i$ -го участка аналогична методике, указанной в пункте 2.3.2.

Масштаб пути разгона  $[M_S]$  определяют по формуле

$$[M_S] = [M_V] \cdot [M_i]. \quad (21)$$

Результаты расчета пути разгона  $S$  сводятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Расчетные параметры времени разгона

$V_{Ai}$	$V_1$	$V_2$	и т. д.	$V_{AN}$
$t_i$	$t_1$	$t_2$		$t_N$
$\sum_{i=1}^{i=n} F_i$	$F_1$	$F_1 + F_2$		$F_1 + F_2 + \dots +$
$S_i$	$S_1$	$S_2$		$S_N$

#### 2.4 Решение задач с использованием полученных параметров расчета и характеристик

Рассмотрим ряд наиболее характерных задач, решение которых возможно с использованием характеристик тягового расчета.

Решение задач производится на основе уравнения динамического фактора

$$D_{Ai} = \psi + \frac{\delta_{Ai}}{g} \cdot j_{Ai} + \frac{P_{KP}}{G_A}. \quad (22)$$

Принцип расчета с использованием уравнения (22) заключается в исключении из этого уравнения неизвестных параметров путем приравнивания их к нулю.

##### Задача 1. Определение максимальной скорости движения.

**Решение.** При равномерном движении машины ( $j_A = 0$ ) без прицепа ( $P_{KP} = 0$ ),  $D_A = \psi$ . Коэффициент сопротивления движению  $\psi$  определяют по форму-

ле (15). Следовательно,  $D_A = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha$ . Из условия задачи угол  $\alpha = 0$ , следовательно,  $D_A = f$ .

Для дороги с сухим песчаным покрытием  $f$  от 0,1 до 0,3 (приложение Г). Принимается  $f = 0,2$ , следовательно, и  $D_A = 0,2$ . Далее для определения возможной скорости движения машины полученное значение динамического фактора наносится на ось ординат графика  $D_A = f(V_A)$ . Затем проводится горизонтальная линия до пересечения с кривой  $D_A$  (точка  $A$ ). Проекция из точки  $A$  на ось абсцисс позволяет получить возможную скорость движения  $V_A = V_1$ . Причем, если пересечение с кривой  $D_A$  произойдет в двух точках, то определяется скорость  $V_A$  с максимальным значением.

### **Задача 2. Определение максимальной скорости движения на подъеме.**

**Решение.** При равномерном движении ( $j_A = 0$ ) на подъеме с  $\alpha = 30^\circ$  находим  $D_A = \psi = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha$ .

Через ординату со значением  $D_A$  до пересечения с кривой  $D_A = f(V_A)$  проводится перпендикулярная линия и находится  $V_A = V_2$ . Найденная скорость  $V_2$  (точка  $B$ ) соответствует движению машины на определенной передаче в КП и РК.

### **Задача 3. Определение максимального угла подъема.**

**Решение.** По динамической характеристике определяем максимальную тягу на первой передаче -  $D_A = 0,43$  (точка  $D$ ). Максимальный угол подъема определяют по формуле

$$\alpha = \arcsin\left(D_i - f \cdot \sqrt{1 - D_i^2}\right). \quad (23)$$

### Список литературы

**1 Бовшовский, С. З.** Тяговый расчет автомобилей и гусеничных машин [Текст] : учеб. пособие / Рязань : Издание ВАИ, 1999. – 124 с.

**2 Васильченко, В. Ф.** Автомобили и гусеничные машины. Теория эксплуатационных свойств [Текст] : учебник для вузов / Рыбинск : Издание АООТ «РДП» – АРП, 1996. – 432 с.

**3 Литвинов, А. С.** Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств [Текст] : учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин – М. : Машиностроение, 1989. – 240 с.

## Приложение А

### Варианты индивидуальных заданий

Марка автомобиля выбирается по последней цифре зачетной книжки в соответствии с таблицей А.1, а вариант задания по первой букве фамилии студента в соответствии с таблицей А.2

Таблица А.1 – Выбор марки автомобиля для выполнения контрольного задания

последняя цифра зачетной книжки	<b>0, 5</b>	<b>1, 6</b>	<b>2, 7</b>	<b>3, 8</b>	<b>4, 9</b>
марка автомобиля	УАЗ-3153	ГАЗ-3308	ЗиЛ-433420	КамАЗ-43118	Урал-43202

Таблица А.2 – Выбор варианта для выполнения контрольного задания

первая буква фамилии	масса груза, %	пасажи-ровместимость	масса человека, кг.	скорость, км/ч	$\alpha$ , град	Тип дорожного покрытия	перед. в КП на подъем
<b>А</b>	100	1	70	80	5	асфальтобетон	2
<b>Б</b>	75	2	80	70	10	бульжник без выбоин	3
<b>В</b>	50	3	90	60	15	бульжник с выбоинами	3
<b>Г</b>	25	1	70	50	20	грунтовая дорога сухая	4
<b>Д</b>	100	2	80	70	5	грунтовая дорога мокрая	2
<b>Е</b>	75	3	90	60	10	песок сухой	1
<b>Ж</b>	50	1	70	80	15	песок мокрый	2
<b>З</b>	25	2	80	70	20	бетон	4
<b>И</b>	100	3	90	60	5	бульжник без выбоин	2
<b>К</b>	75	1	70	50	10	бульжник с выбоинами	3
<b>Л</b>	50	2	80	70	15	грунтовая дорога сухая	3
<b>М</b>	25	3	90	60	20	грунтовая дорога мокрая	4
<b>Н</b>	100	1	70	80	5	песок сухой	2
<b>О</b>	75	2	80	70	10	песок мокрый	1
<b>П</b>	50	3	90	60	15	асфальтобетон	3
<b>Р</b>	25	1	70	80	20	бульжник без выбоин	4
<b>С</b>	100	2	80	70	5	бульжник с выбоинами	2
<b>Т</b>	75	3	90	60	10	грунтовая дорога сухая	4
<b>У</b>	50	1	70	80	15	грунтовая дорога мокрая	3
<b>Ф</b>	25	2	80	50	20	песок сухой	1
<b>Х</b>	100	3	90	60	5	песок мокрый	2
<b>Ц</b>	75	1	70	80	10	бетон	4
<b>Ч</b>	50	2	80	70	15	бульжник без выбоин	3
<b>Ш</b>	25	3	90	60	20	бульжник с выбоинами	4
<b>Щ</b>	100	3	70	50	5	грунтовая дорога сухая	2
<b>Э</b>	75	1	80	60	10	грунтовая дорога мокрая	3
<b>Ю</b>	50	2	90	80	15	песок сухой	1
<b>Я</b>	25	3	70	70	20	песок мокрый	2

**Примечание:** В отдельных случаях исходные данные задания могут уточняться руководителем.

## Приложение Б

Таблица Б.1 - Основные технические характеристики автомобилей

Марка машины	УАЗ-3153	ГАЗ-3308	ЗиЛ-433420	КамАЗ-43118	Урал-43202	
$m_c$ , кг	1800	3710	6880	10400	8120	
$m_e$ , кг	800	2000	3750	1000	7000	
марка двигателя	ЗМЗ-409.10	ЗМЗ-513.10	ЗиЛ-6451	КамАЗ-740.30.260	ЯМЗ-238Б	
$U_{кпi}$	1	3,78	6,55	7,44	7,82	5,62
	2	2,6	3,09	4,1	4,03	2,89
	3	1,55	1,71	2,29	2,5	1,64
	4	1	1	1,47	1,53	1
	5	-	-	1	1	0,724
$U_{рпi}$	н	1,94	1,98	2,08	1,69	2,15
	в	1	1	1	0,92	1,3
$U_{гпi(бп)}$	2,77(1,94)	6,17	7,34	6,53	7,32	
Н, мм	2015	2780	2975	3950	2645	
В, мм	1445	1820	1820	2050	2020	
Шины	225/75R16	12.00 R18 (320 R457)	12.00-20.00 (320-508)	425/85 R21	1100x400-533	

Приложение В.1

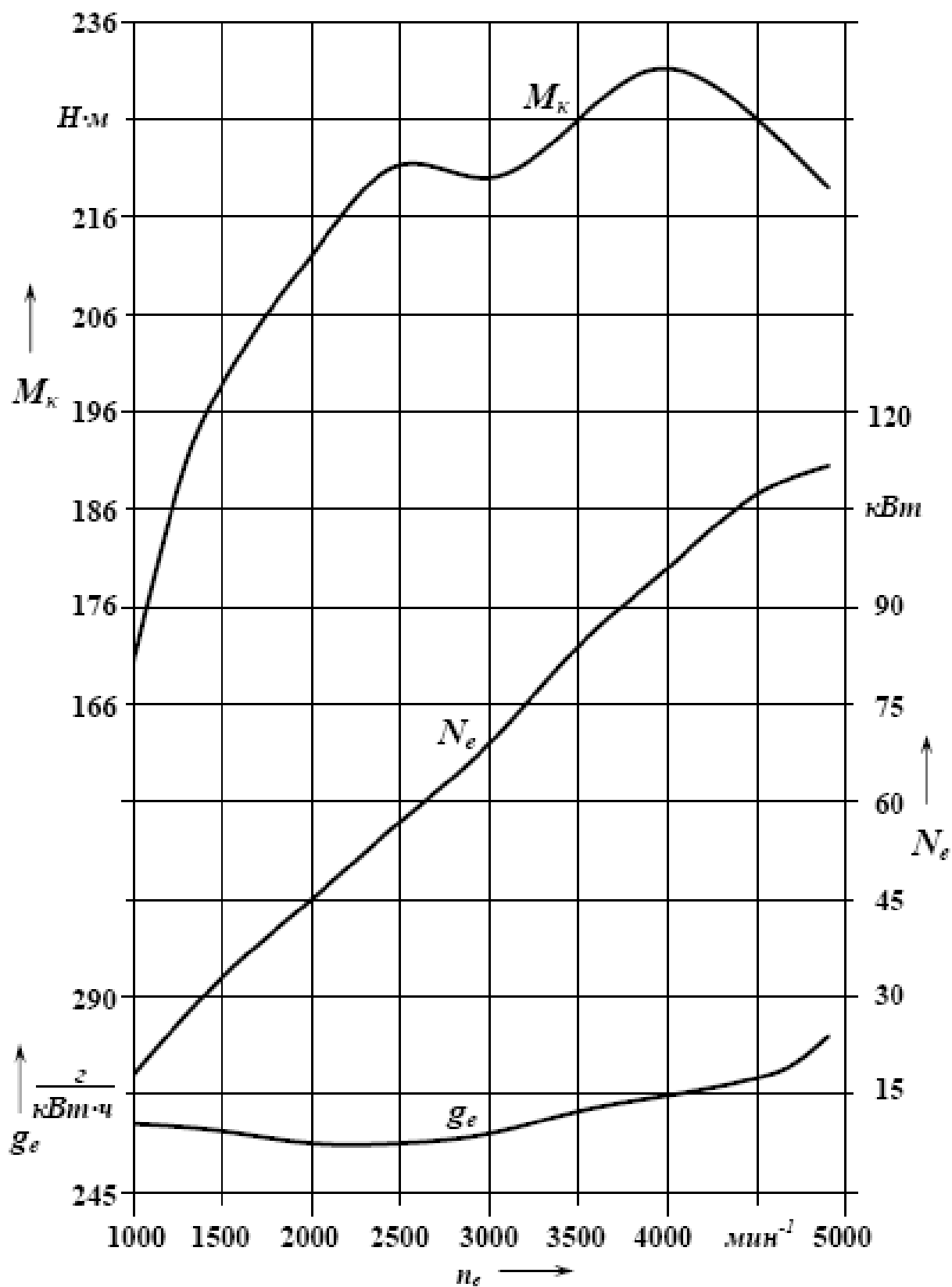


Рисунок В.1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя ЗМЗ-409.10

Приложение В.2

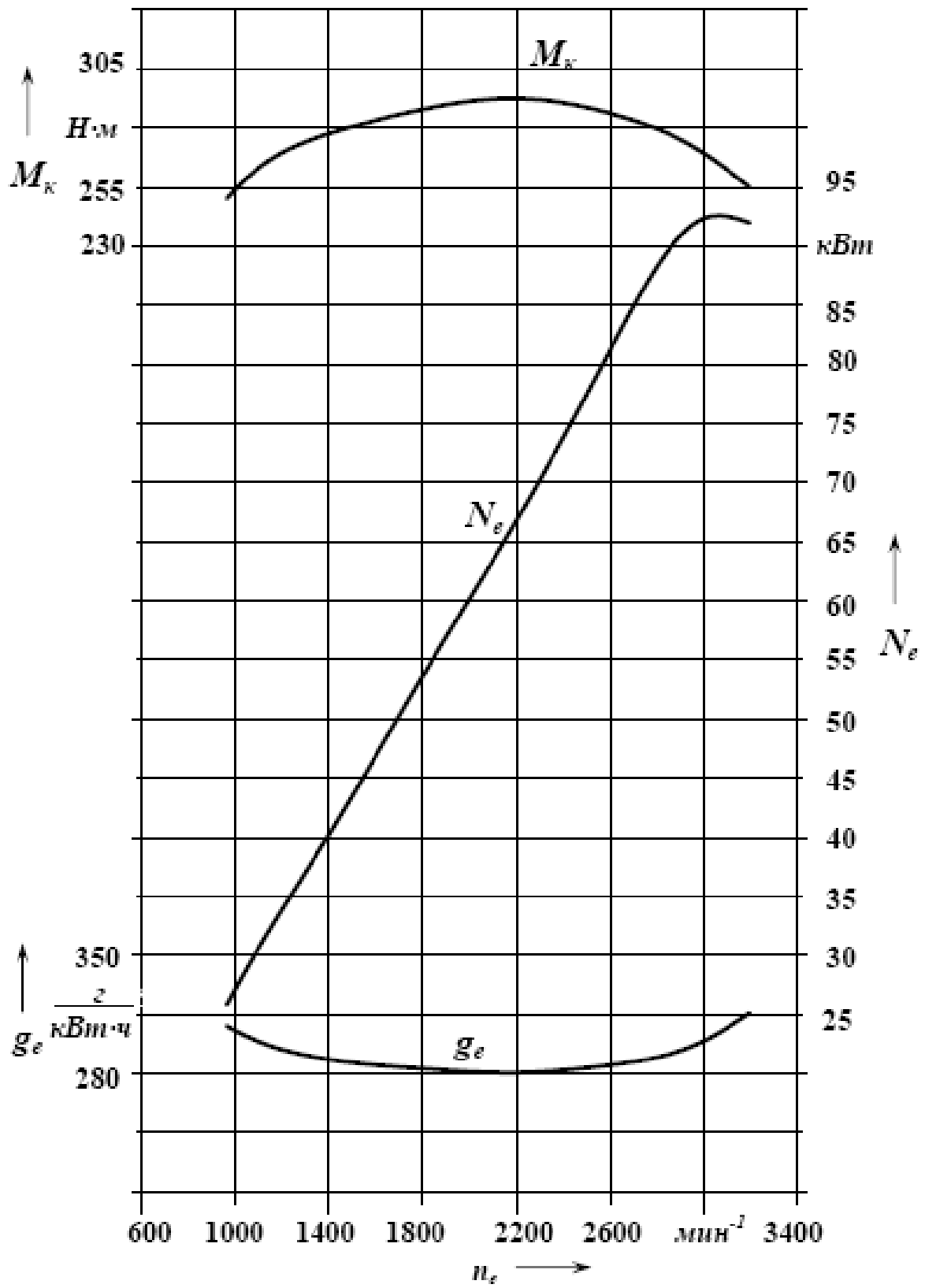


Рисунок В.2 - Внешняя скоростная характеристика двигателя ЗМЗ-513.10



Приложение В.3

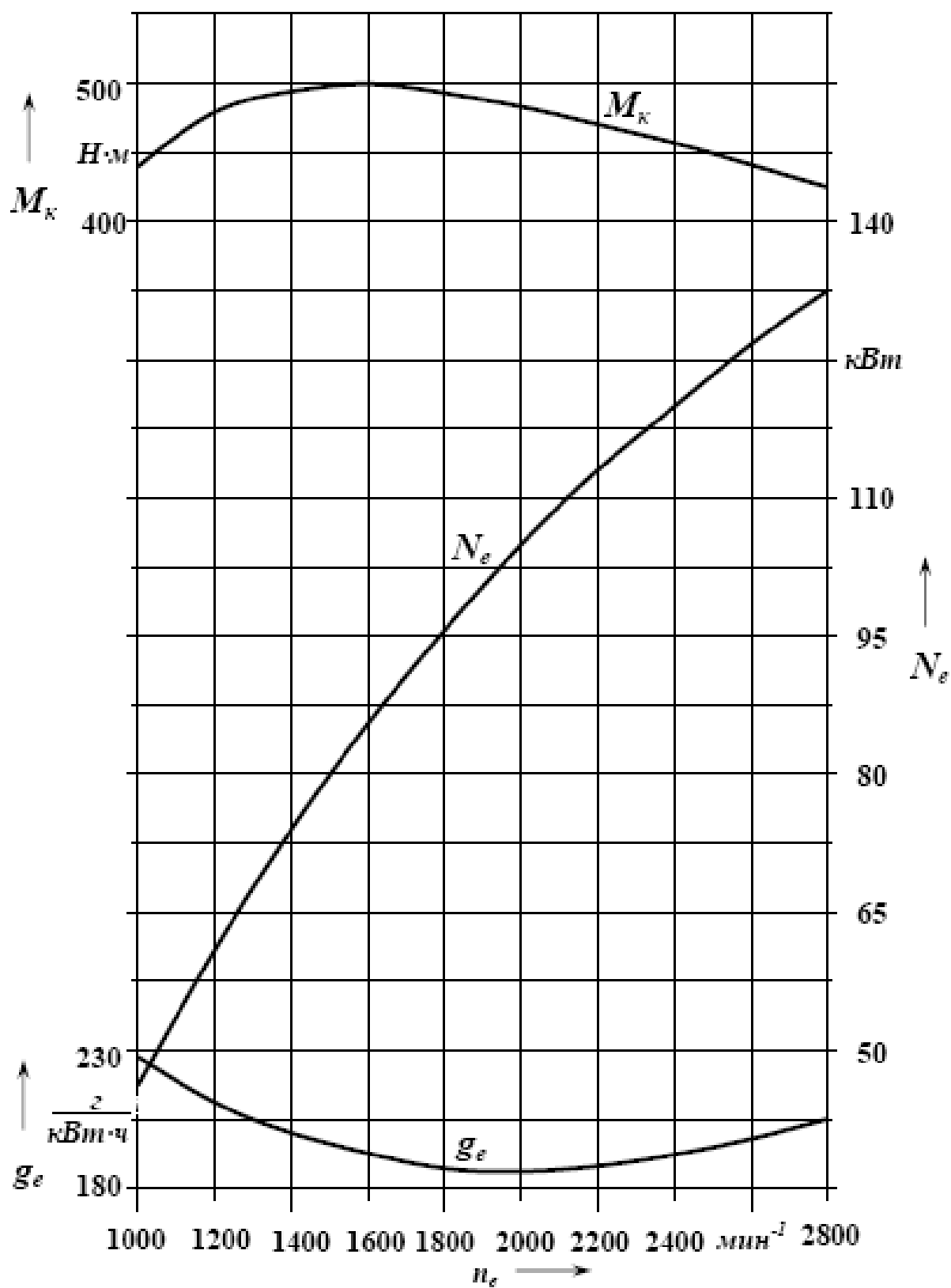


Рисунок В.3 – Внешняя скоростная характеристика двигателя ЗиЛ-6451

Приложение В.4

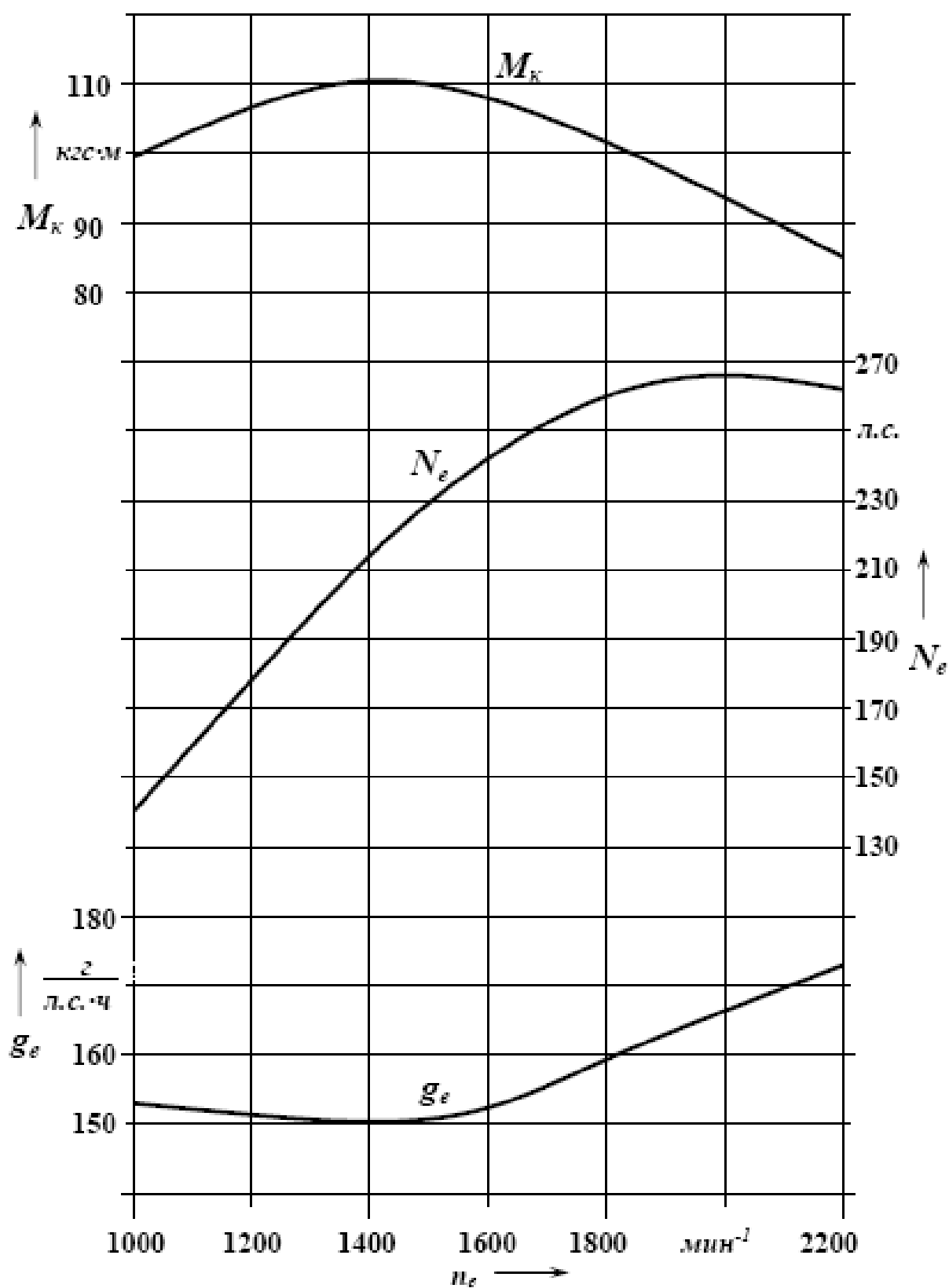


Рисунок В.4 – Внешняя скоростная характеристика двигателя КамАЗ-740.30-260

Приложение В.5

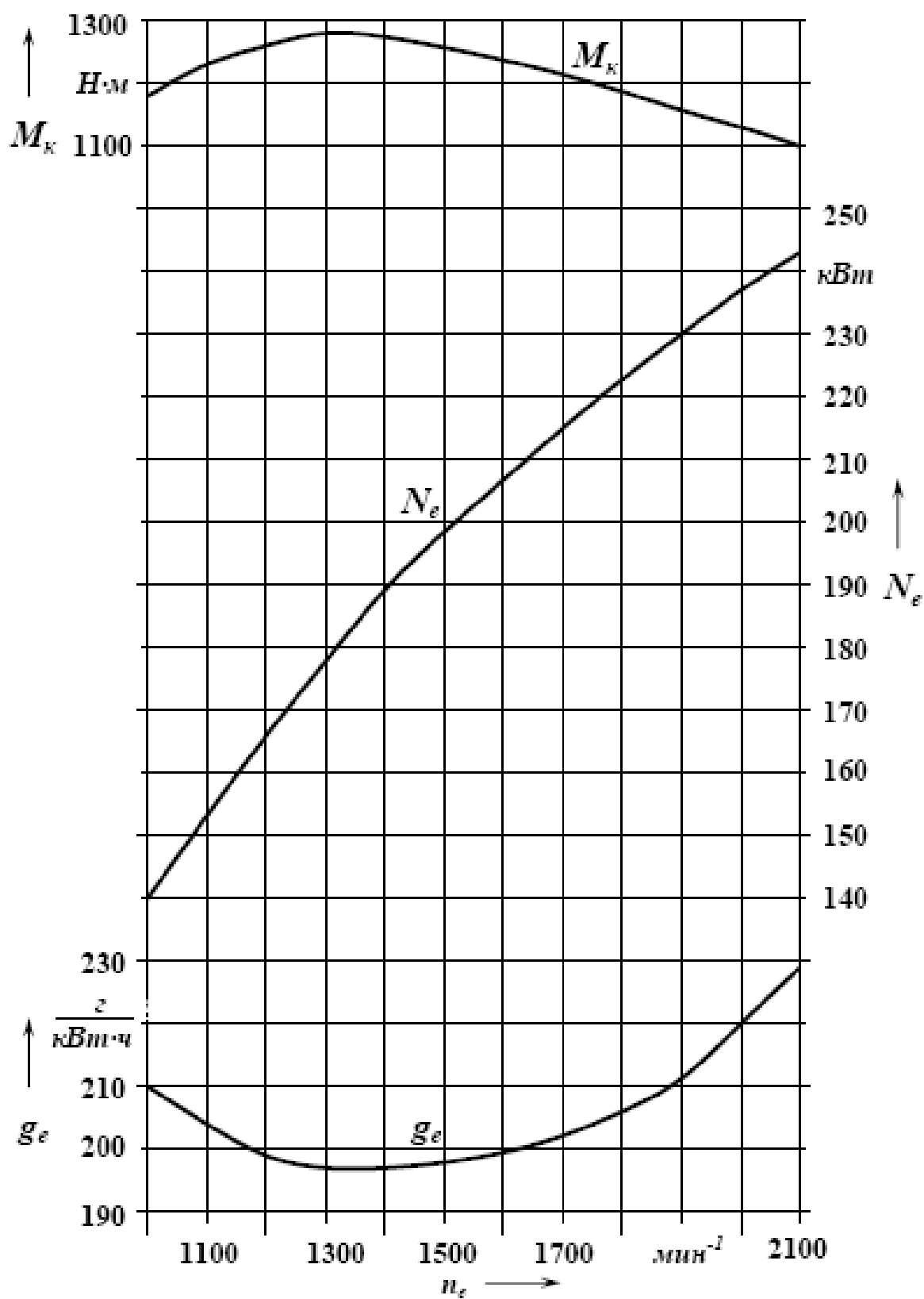


Рисунок В.5 - Внешняя скоростная характеристика двигателя ЯМЗ-238Б

## Приложение Г

### Значения коэффициентов сопротивления качению автомобилей

Таблица Г.1 – Значение коэффициента сопротивления качению автомобилей

Тип и состояние дорожного покрытия	Диапазон коэффициентов $f$
Бетон, асфальтобетон и асфальт	0,01–0,03
Булыжник без выбоин	0,02–0,03
Булыжник с выбоинами	0,03–0,05
Грунтовая дорога: сухая	0,02–0,03
мокрая	0,10–0,25
Песок: сухой	0,10–0,30
сырой	0,06–0,15
Суглинок: сухой	0,04–0,06
мокрый	0,10–0,20
Нетопкое болото	–
Обледенелая дорога	0,01–0,03
Снег: укатанный	0,03–0,05
рыхлый	0,10–0,30

**Образец выполнения контрольного задания**

**РЯЗАНСКОЕ ВЫСШЕЕ ВОЗДУШНО-ДЕСАНТНОЕ КОМАНДНОЕ  
УЧИЛИЩЕ (ВОЕННЫЙ ИНСТИТУТ)**

**Факультет коммуникаций и автомобильного транспорта**

**Кафедра автомобиля и автомобильное хозяйство**

**Дисциплина  
Конструкция и эксплуатационные свойства транспортных и  
транспортно-технологических машин и оборудования  
(КиЭС ТиТТМО)**

**Контрольное задание**

**по теории эксплуатационных свойств автомобилей**

**ТЕМА: Поверочный тяговый расчет автомобиля** \_\_\_\_\_  
(марка автомобиля)

**Разработал студент** \_\_\_\_\_ **учебной группы** \_\_\_\_\_  
(подпись, фамилия и инициалы)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ . 2013 г.

**Руководитель** \_\_\_\_\_  
(подпись, фамилия и инициалы)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ . 2013 г.

**Рязань 2013 г.**

## Приложение Д.2

### Индивидуальное задание

#### Контрольное задание по дисциплине КиЭС ТиТТМО

студенту \_\_ группы \_\_\_\_\_  
по теме: «**Поверочный тяговый расчет автомобиля**»

##### Исходные данные:

- автомобиль \_\_\_\_\_ ;
- масса перевозимого груза составляет \_\_\_ % от указанной в технической характеристике грузоподъемности автомобиля;
- пассажировместимость, включая водителя - \_\_\_ чел.;
- масса одного человека \_\_\_\_\_ кг.;
- для определения параметров разгона до скорости - \_\_\_ км/ч.;
- дорожное покрытие - \_\_\_\_\_ ;
- движение на подъем - \_\_\_\_\_<sup>0</sup>, передача в КП - \_\_\_\_\_ .

##### Содержание расчетно-пояснительной записки:

Введение

- 1 Выбор и определение исходных данных.
- 2 Расчет и построение динамической характеристики.
- 3 Определение параметров интенсивности разгона автомобиля.
- 4 Решение задач с использованием полученных параметров расчета и характеристик.
  - 4.1 Определение максимальной скорости движения.
  - 4.2 Определение максимальной скорости движения на подъеме.
  - 4.3 Определение максимального угла подъема.

Заключение.

Список литературы.

Приложения

Задание выдал \_\_\_ \_\_\_ 2013 г. \_\_\_\_\_

Срок сдачи задания \_\_\_\_\_ 2013 г.

Задание получил \_\_\_\_\_

## Приложение Д.3

### Введение

Основным показателем тягово-скоростных свойств автомобиля является средняя скорость. Максимально возможная средняя скорость является основным обобщающим показателем, учитывающим условия и режимы движения автомобиля.

В зависимости от поставленных задач тяговый расчет может быть поверочным и проектировочным.

Поверочный тяговый расчет проводят с целью определения тяговых и скоростных свойств существующего автомобиля. Основными его задачами являются:

- определение возможных скоростей движения автомобиля в заданных дорожных условиях;
- определение максимальных сопротивлений, которые могут быть преодолены на различных передачах;
- определение свободной силы тяги, которая может быть использована для буксирования прицепа, преодоления препятствий и разгона автомобиля;
- определение параметров интенсивности разгона.

Проектировочный тяговый расчет проводят с целью определения основных параметров проектируемого автомобиля по исходным данным и требованиям к его тягово-скоростным свойствам, которые указываются в техническом задании на проектирование.

В данном контрольном задании выполняется поверочный тяговый расчет автомобиля с построением его динамической характеристики, а также определяются параметры интенсивности его разгона до заданной скорости.

					<b>КЗ 13 А 00.00.000 ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<b>Тяговый расчет автомобиля</b>	<b>Литер</b>	<b>Лист</b>	<b>Листов</b>
<i>Разработал</i>						<b>у</b>		
<i>Проверил</i>								
<i>Н. контроль</i>								
<i>Утверждаю</i>								
						<b>РВВДКУ ФКиАТ (№ уч.гр.)</b>		

## 1 Выбор и определение исходных данных

Для выполнения поверочного тягового расчета необходимо иметь значения следующих параметров:

1) полная масса автомобиля  $m_a$  и сила тяжести  $G_a$ , действующая на автомобиль

$$m_a = m_c + m_z + m_э, \quad (1)$$

$$G_a = m_a \cdot g, \quad (2)$$

где  $m_c$  – масса автомобиля в снаряженном состоянии, кг;

$m_z$  – масса перевозимого груза, кг;

$m_э$  – масса экипажа, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;

2) статический радиус колес  $r_{CT}$  определяем исходя из маркировки шины.

$$r_{CT} = 0,5 \cdot (d_n \cdot 25,4) + \lambda_z \cdot (B_{ш} \cdot (75/100)), \quad (3)$$

где  $\lambda_z$  – коэффициент вертикальной деформации шины, кг,  $\lambda_z = \dots$  [1].

$$r_{CT} = 0,5 \cdot (16 \cdot 25,4) + 0,8 \cdot (225 \cdot 0,75) = 628 \text{ мм} = 0,628 \text{ м.}$$

3) передаточные числа трансмиссии при включении пониженной передачи в раздаточной коробке (РК) и первой передачи в коробке передач (КП), повышенной передачи в РК и всех передач в КП [2]

$$U_{TPj} = U_{КПj} \cdot U_{РК}^{n,6} \cdot U_{ГП}, \quad (4)$$

где  $U_{КПj}$  – передаточное число КП на  $j$ -той передаче,  $U_{КП1} = \dots, U_{КП2} = \dots, U_{КП3} = \dots, U_{КП4} = \dots, U_{КП5} = \dots$ ;

$U_{РК}^{n,6}$  – передаточные числа РК,  $U_{РК}^n = \dots, U_{РК}^{6} = \dots$ ;

$U_{ГП}$  – передаточное число главной передачи,  $U_{ГП} = \dots$ ;



## Приложение Д.5

4) лобовая площадь автомобиля  $F_{\text{лоб}}$

$$F_{\text{лоб}} = K_{\text{лоб}} \cdot H \cdot B, \quad (5)$$

где  $K_{\text{лоб}}$  – коэффициент заполнения лобовой площади,  $K_{\text{лоб}} =$  [1];

$H, B$  – высота и колея автомобиля,  $H = \dots$  м,  $B = \dots$  м [2].

Результаты расчетов по формулам (1)-(5) сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Исходные данные для построения динамической характеристики автомобиля

Условное обозначение	Размерность	Значения
$m_a$	кг	
$G_a$	Н	
$r_{CT}$	м	
$U_{TP1}$	-	
$U_{TP2}$	-	
$U_{TP3}$	-	
$U_{TP4}$	-	
$U_{TP5}$	-	
$U_{TP6}$	-	
$F_{\text{лоб}}$	м <sup>2</sup>	

### 2 Расчет и построение динамической характеристики

Для расчета скорости  $V_a$  и силы тяги автомобиля  $P_a$  выбираем 5 значений частоты вращения коленчатого вала  $n_e$  и соответствующие им 5 значений мощности двигателя  $N_e$  [2]. Первое значение соответствует минимальной частоте вращения, последнее – максимальной мощности, а одно из промежуточных – максимальному значению крутящего момента  $M_k$ , при одинаковом интервале между соседними значениями  $n_e$ .

Далее рассчитываем 5 значений мощности двигателя  $N_e'$  с учетом потерь на привод вспомогательного оборудования по формуле

$$N_e' = (1 - K_n) N_e, \quad (5)$$

где  $K_n$  – коэффициент потерь на вспомогательное оборудование,  $K_n = \dots$  [1].

Выбранные и рассчитанные значения  $n_e, N_e, N_e'$  заносим в таблицу 2.

## Приложение Д.6

Таблица 2 – Внешняя скоростная характеристика двигателя с учетом потерь на вспомогательное оборудование

Обозначение параметров	Размерность	Текущие значения параметров				
$n_{ei}$	мин <sup>-1</sup>					
$N_{ei}$	Вт					
$N_{ei}'$	Вт					

Затем рассчитываем показатели динамической характеристики:

- 1) скорость автомобиля

$$V_{ai,j} = 0,105 \frac{n_{ei} r_{cm}}{U_{mpj}}, \text{ м/с}; \quad (6)$$

- 2) сила тяги на ведущих колесах автомобиля

$$P_{ai,j} = \frac{N'_{ei} \eta_{mp}}{V_{ai,j}}, \text{ Н}; \quad (7)$$

где  $\eta_{mp}$  – коэффициент полезного действия трансмиссии,  $\eta_{mp} = \dots$  [1];

- 3) сила сопротивления воздуха (для значений  $V_{ai,j} \geq 30\text{-}40$  км/ч)

$$P_{wi,j} = 0,5 c_x \rho_e F_{\text{лоб}} V_{ai,j}^2, \text{ Н}; \quad (8)$$

где  $c_x$  – коэффициент обтекаемости автомобиля,  $c_x = \dots$  [1];

$\rho_e$  – плотность воздуха, ( $\rho_e = 1,23$  кг/м<sup>3</sup>);

- 4) динамический фактор

$$D_{ai,j} = \frac{P_{ai,j} - P_{wi,j}}{G_a}. \quad (9)$$

Расчет показателей динамической характеристики производится для каждого значения  $n_{ei}$  и  $U_{TPj}$ , полученные значения заносим в таблицу (3).

Таблица 3 – Значения показателей динамической характеристики автомобиля

Передачи в КП и РК, $U_{TPj}$	Рассчитываемые параметры	Значения рассчитываемых параметров при $n_{ei}$ и $N_{ei}$				
		$n_{e1} =$	$n_{e2} =$	$n_{e3} =$	$n_{e4} =$	$n_{e5} =$
		$N_{e1} =$	$N_{e2} =$	$N_{e3} =$	$N_{e4} =$	$N_{e5} =$
1	2	3	4	5	6	7
$1^H$ ,  $U_{TP1} =$	$V_{ai,1}$ , м/с					
	$V_{ai,1}$ , км/ч					
	$P_{ai,1}$ , Н					
	$P_{wi,1}$ , Н					
	$D_{ai,1}$					

## Приложение Д.7

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
$1^B$ ,  $U_{TP2} =$	$V_{ai,2}$ , м/с					
	$V_{ai,2}$ , км/ч					
	$P_{ai,2}$ , Н					
	$P_{wi,2}$ , Н					
	$D_{ai,2}$					
$2^B$ ,  $U_{TP3} =$	$V_{ai,3}$ , м/с					
	$V_{ai,3}$ , км/ч					
	$P_{ai,3}$ , Н					
	$P_{wi,3}$ , Н					
	$D_{ai,3}$					
$3^B$ ,  $U_{TP4} =$	$V_{ai,4}$ , м/с					
	$V_{ai,4}$ , км/ч					
	$P_{ai,4}$ , Н					
	$P_{wi,4}$ , Н					
	$D_{ai,4}$					
$4^B$ ,  $U_{TP5} =$	$V_{ai,5}$ , м/с					
	$V_{ai,5}$ , км/ч					
	$P_{ai,5}$ , Н					
	$P_{wi,5}$ , Н					
	$D_{ai,5}$					
$5^B$ ,  $U_{TP6} =$	$V_{ai,6}$ , м/с					
	$V_{ai,6}$ , км/ч					
	$P_{ai,6}$ , Н					
	$P_{wi,6}$ , Н					
	$D_{ai,6}$					

По рассчитанным значениям строится динамическая характеристика автомобиля ... , как функция  $D_{ai,j} = f(v_{ai,j})$  , представленная на рисунке А.1 в приложении.

### 3 Определение параметров интенсивности разгона автомобиля

Определение времени разгона  $\tau$  до заданной скорости ... км/ч производится методом графического интегрирования зависимостей величин, обратных ускорению  $\frac{1}{j_{ai,j}}$  , которые рассчитываются по данным таблицы 3, кроме значения  $U_{TP1}$  .

Ускорение автомобиля определяем по следующей формуле

## Приложение Д.8

$$j_{ai,j} = \frac{(D_{ai,j} - \psi)g}{\delta_{epj}}, \quad (10)$$

где  $\psi$  – коэффициент сопротивления движению,  $\psi = \dots$ ;

$\delta_{epj}$  – коэффициент учета вращающихся масс автомобиля.

Для нахождения  $\delta_{epj}$  используют формулу

$$\delta_{epj} = 1 + AU_{mpj}^2 + B, \quad (11)$$

где  $A, B$  – коэффициенты кинетической энергии силовой установки и колес соответственно,  $A = \dots, B = \dots$  [1].

Расчет  $j_{ai,j}$ ,  $\frac{1}{j_{ai,j}}$  и  $\delta_{adj}$  производится для каждого значения  $D_{ai,j}$  и  $U_{TPj}$ .

Результаты заносим в таблицу 4.

По рассчитанным значениям строим графики величин, обратных ускорению, как функции  $\frac{1}{j_{ai,j}} = f(V_{ai,j})$ , представленные на рисунке Б.1 в приложении.

На построенных графиках определяем пределы интегрирования для каждой передачи, после чего подсчитываются площади полученных фигур, ограниченных осью абсцисс, перпендикулярами, проведенными через найденные пределы интегрирования  $V_{aj}^n, V_{aj}^k$ , и самими графиками. При этом последним пределом интегрирования является заданная скорость км/ч.

Далее определяем масштаб времени разгона  $M_\tau$ , с/мм<sup>2</sup>, по следующей формуле

$$M_\tau = M_{V_a} \cdot M_{1/j_a}, \quad (12)$$

где  $M_{V_a}, M_{1/j_a}$  – масштабы скорости и величины, обратной ускорению, рассчитанные применительно к построенному графику, м/с·мм<sup>2</sup>, с<sup>2</sup>/м·мм<sup>2</sup>.

Приложение Д.9

Таблица 4 – Значения показателей величин, обратных ускорениям

Рассчитываемые параметры для передач	Значения рассчитываемых параметров при $V_{ai,j}$ , м/с				
	$V_{a1,2} =$	$V_{a2,2} =$	$V_{a3,2} =$	$V_{a4,2} =$	$V_{a5,2} =$
$1^B, \delta_{ep2} =$					
$j_{ai,2}, \text{м/с}^2$					
$1/j_{ai,2}, \text{с}^2/\text{м}$					
$2^B, \delta_{ep3} =$	$V_{a1,3} =$	$V_{a2,3} =$	$V_{a3,3} =$	$V_{a4,3} =$	$V_{a5,3} =$
$j_{ai,3}, \text{м/с}^2$					
$1/j_{ai,3}, \text{с}^2/\text{м}$					
$3^B, \delta_{ep4} =$	$V_{a1,4} =$	$V_{a2,4} =$	$V_{a3,4} =$	$V_{a4,4} =$	$V_{a5,4} =$
$j_{ai,4}, \text{м/с}^2$					
$1/j_{ai,4}, \text{с}^2/\text{м}$					
$4^B, \delta_{ep5} =$	$V_{a1,5} =$	$V_{a2,5} =$	$V_{a3,5} =$	$V_{a4,5} =$	$V_{a5,5} =$
$j_{ai,5}, \text{м/с}^2$					
$1/j_{ai,5}, \text{с}^2/\text{м}$					
$5^B, \delta_{ep6} =$	$V_{a1,6} =$	$V_{a2,6} =$	$V_{a3,6} =$	$V_{a4,6} =$	$V_{a5,6} =$
$j_{ai,6}, \text{м/с}^2$					
$1/j_{ai,6}, \text{с}^2/\text{м}$					

Затем рассчитываем время разгона на каждой передаче

$$\tau_j = M_\tau \cdot F_j, \quad (13)$$

где  $F_j$  – площадь  $j$ -той фигуры на графиках величин, обратных ускорению,  $\text{мм}^2$ .

Общее время разгона определяется нарастающим итогом следующим образом

$$\tau = \Sigma \tau_j. \quad (14)$$

Результаты расчетов по формулам (12), (13) и (14) заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Время разгона автомобиля ... с переключением передач до заданной скорости ... км/ч

Показатели	Значения			
	$V_{a1}^k =$	$V_{a2}^k =$	$V_{a3}^k =$	$V_{a4}^k =$
$M_\tau, \text{с/мм}^2$				
$F_j, \text{мм}^2$				
$\Sigma F_j, \text{мм}^2$				
$\tau_j, \text{с}$				
$\Sigma \tau_j, \text{с}$				$\tau =$

## Приложение Д.10

По результатам таблицы 5 строится график времени разгона, как функция  $\Sigma \tau_j = f(V_{aj}^k)$ , представленный на рисунке Б.2 в приложении.

Путь разгона  $S$  определяем также методом графического интегрирования зависимости  $V_{aj}^k = f(\Sigma \tau_j)$ . Для чего из построенных точек графика  $\Sigma \tau_j = f(V_{aj}^k)$  проводим перпендикуляры к оси ординат, которые будут являться пределами интегрирования, аналогичным образом подсчитываем площади полученных фигур, определяем масштаб графика  $M_s$  с использованием формулы (12) и рассчитываем путь разгона на каждой передаче  $S_j$  и путь разгона нарастающим итогом  $\Sigma S_j$  по формулам (13) и (14).

Полученные результаты заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Путь разгона автомобиля ... с переключением передач до заданной скорости ... км/ч

Показатели	Значения			
	$V_{a1}^k =$	$V_{a2}^k =$	$V_{a3}^k =$	$V_{a4}^k =$
$M_s, \text{м/мм}^2$				
$F_j, \text{мм}^2$				
$\Sigma F_j, \text{мм}^2$				
$S_j, \text{м}$				
$\Sigma S_j, \text{м}$				$S =$

### 4 Решение задач с использованием полученных параметров расчета и характеристик

#### 4.1 Определение максимальной скорости движения

Для определения возможной скорости при равномерном движения автомобиля на горизонтальной дороге с \_\_\_\_\_ покрытием ( $\psi = f = \text{_____}$ ) к оси ординат динамической характеристики (рисунок А.1) проводим перпендикуляр из точки, соответствующей  $\psi = D = \dots$  до пересечения с одним из графиков  $D_{ai,j} = f(V_{ai,j})$ . Полученные точка пересечения проецируется на ось абсцисс,

## Приложение Д.11

после чего определяем значение максимально возможной скорости движения в заданных условиях.

Таким образом, получим, что максимально возможная скорость движения в заданных условиях  $V_a \approx \dots$  км/ч.

### 4.2 Определение максимальной скорости движения на подъеме

При равномерном движении на подъеме с углом \_\_\_ град. находим  $D_a = \psi = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha = \dots$

Через ординату со значением  $D_a = \dots$  до пересечения с кривой  $D_a = f(V_a)$  (рисунок А.1) проводим перпендикуляр и находим  $V_a = \dots$ . Найденная скорость соответствует движению машины на ... передаче в КП и ... передаче в РК.

### 4.3 Определение максимального угла подъема

Максимальный угол подъема определяем по формуле

$$\alpha = \arcsin(D_a - f \sqrt{1 - D_a^2}), \quad (15)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению.

На ... передаче максимальное значение  $D_a = \dots$ , подставив заданные значения в формулу (15), получим  $\alpha \approx \dots$ .

## Приложение Д.12

### Заключение

В данном контрольном задании произведен поверочный тяговый расчет автомобиля ... , в результате которого в соответствии с заданием рассчитана и построена динамическая характеристика, определены параметры интенсивности разгона и с использованием полученных характеристик решены типовые задачи.

Таким образом, в ходе выполнения задания получено:

- 1) Автомобиль до скорости ... км/ч разгоняется за ... с, преодолевая путь ... м.
- 2) Максимальная скорость автомобиля на дороге с \_\_\_\_\_ покрытием равна ... км/ч.
- 3) Максимальная скорость автомобиля при угле подъема  $\alpha = \dots$  равна ... км/ч..
- 5) Максимальный угол подъема на ... передаче, составляет ...  $^{\circ}$ .



## Приложение Д.13

### Список литературы

**1 Васильченков В.Ф.** Военная автомобильная техника [Текст]. В5 кн. Кн.2. Военные автомобильные и гусеничные машины. Теория эксплуатационных свойств. Учебник /В.Ф. Васильченков: под ред. М.А. Невдах.-М.-Рязань: Воениздат – ООО ПК «Тигель», 2004-432с.

**2 Шевченко С.А.** Методические рекомендации для выполнения контрольного задания [Текст]. Учебное пособие /С.А.Шевченко. – Рязань, 2011 – 65с.

**3 Герасимов А.Н.** Стандарт организации. Общее требование к оформлению [Текст]. Учебное пособие /А.Н.Герасимов, Т.Т. Воробьев, Т.А. Климакова. – Рязань, 2008-80с.

Приложение Д.14

Приложение А

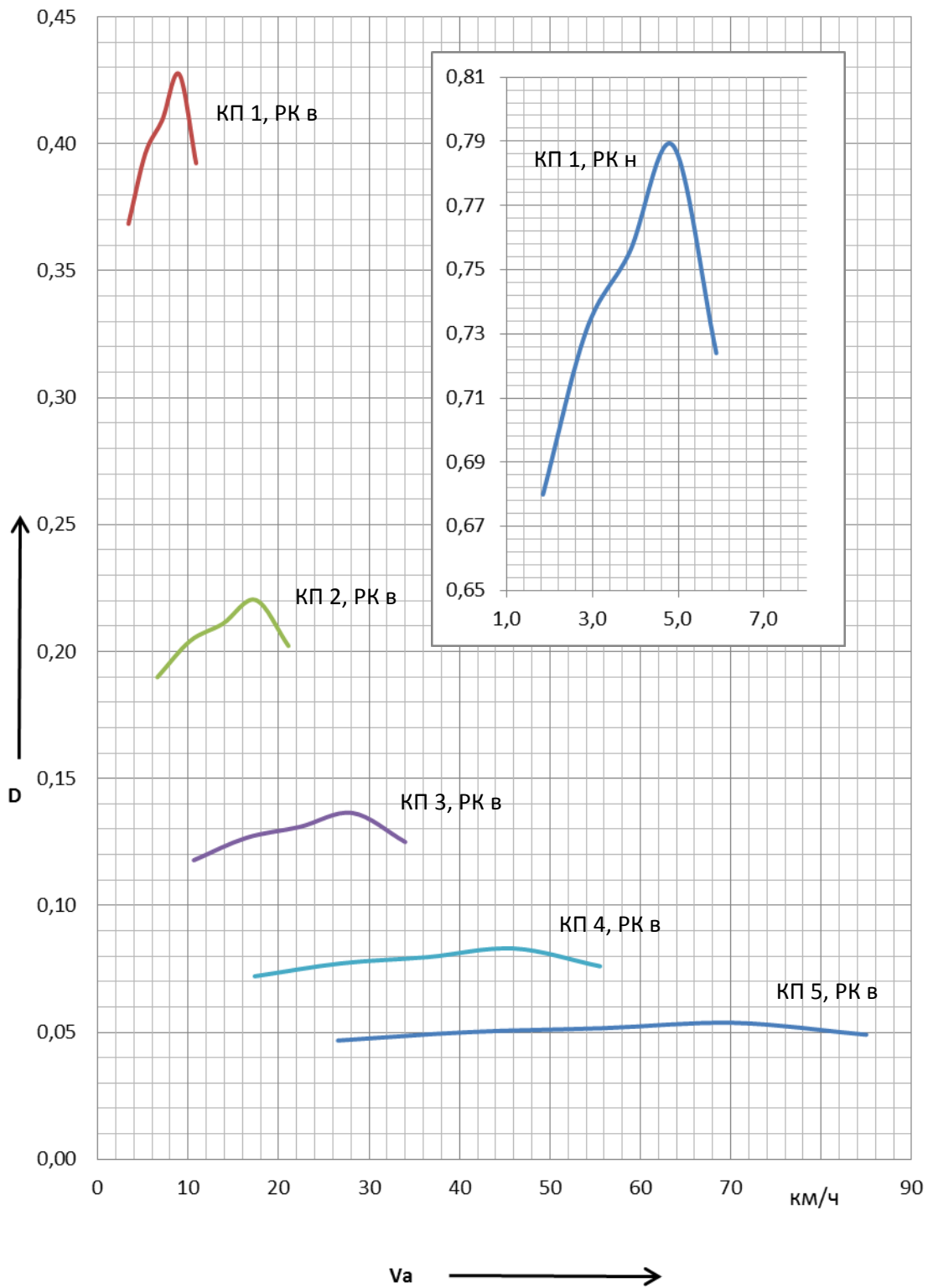


Рисунок А.1 – Динамическая характеристика автомобиля ....

Приложение Д.15

Приложение Б

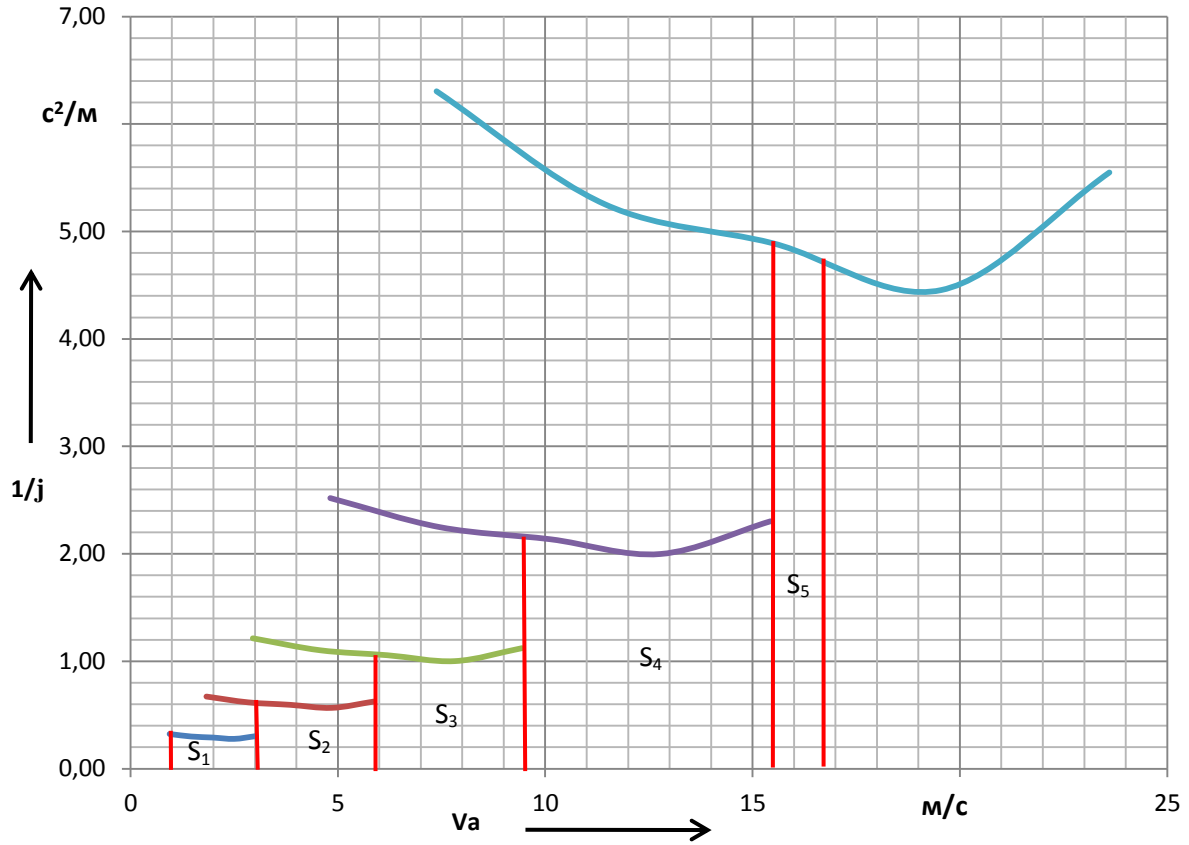


Рисунок Б.1 – График величин, обратных ускорениям

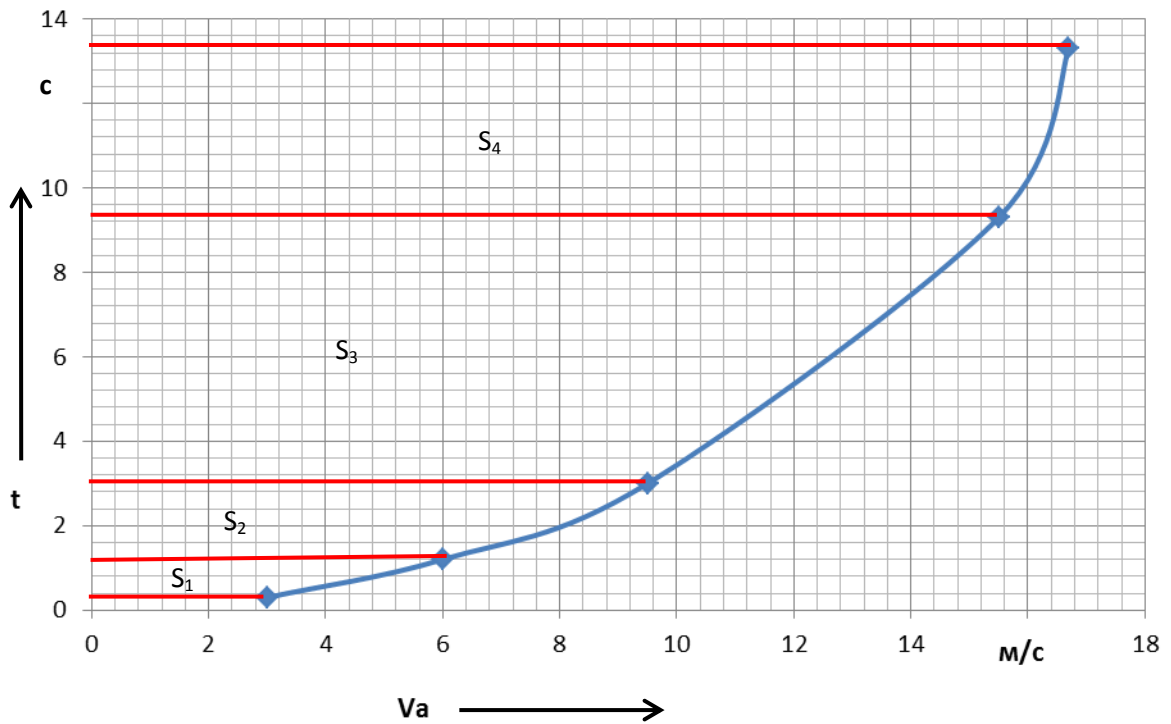


Рисунок Б.2 – График времени разгона

