

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФГБОУ ВО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени И.Т. ТРУБИЛИНА»
Кафедра: «Тракторы, автомобили и техническая механика»

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
для лабораторно-практических работ
по дисциплине «ТЕОРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АПК»
для студентов специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-
технологические средства»

студент _____
факультет _____
группа _____

Краснодар 2019

Рабочая тетрадь для лабораторно-практических работ по дисциплине
«ТЕОРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АПК» для студентов специальности
23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Рабочая тетрадь разработана доцентом Титученко А. А., старшим
преподавателем Драгуленко В. В.

Рекомендовано к печати методической комиссией факультета механизации
КубГАУ, протокол № _____ от _____

СОДЕРЖАНИЕ

Основные требования безопасности при выполнении лабораторных работ.....	4
1. Обработка и анализ результатов тяговых испытаний трактора.....	6
2. Дорожные испытания автомобиля.....	11
3. Внешние силы, действующие на машину. Уравнение тягового баланса.....	14
4. Определение нормальных реакций поверхности пути на движитель...	19
5. Энергетический баланс и топливная экономичность машин.....	23
6. Тяговая динамика автомобиля.....	30
7. Тормозные свойства машин.....	34
8. Устойчивость и управляемость машин.....	39

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

До начала работы привести в порядок одежду и волосы. Развевающиеся концы одежды, незастегнутые рукава, свисающие волосы должны быть тщательно заправлены.

В процессе работы строго соблюдать все указания преподавателя и учебного мастера. Осуществлять какие-либо действия по регулировке двигателя, трактора, автомобиля, стенда или приборов без разрешения и контроля указанных лиц категорически запрещается.

Студенты не должны во время проведения лабораторных работ переходить от одного места к другому без разрешения преподавателя.

При сборке и разборке электрических схем стенды должны быть обесточены. Электрические провода должны надежно закрепляться на клеммах и элементах электрооборудования.

Элементы электрооборудования, требующие для проверки механический привод (генераторы, магнето, стартеры, прерыватели-распределители) должны быть надежно закреплены.

Не касаться вращающихся деталей, а также нагретых выпускных коллекторов и трубопроводов; не производить обтирки двигателя или стенда при их работе; не снимать и не открывать при работе двигателя, трактора или стенда защитных ограждений.

Не оставлять на двигателях, стенах и нагрузочных реостатах, а также на полу лаборатории обтирочные материалы, инструмент и измерительные приборы. Пролитые масло, топливо или воду необходимо немедленно вытираять насухо.

Кроме того, при проведении испытаний трактора и автомобиля запрещается:

- входить в лабораторию и выходить из нее при движении;
- находиться перед трактором и между трактором и тяговой лабораторией;
- стоять в открытых дверях лаборатории при ее движении;
- выходить на дорогу или участок тяговых испытаний.

При обнаружении на любом из рабочих мест нарушений нормального режима работы, немедленно поставить об этом в известность преподавателя или учебного мастера для принятия необходимых мер.

К нарушениям такого рода относятся следующие:

а) в двигателе: возникновение ненормальных стуков, резкое отклонение температур и давления в масляной магистрали и системе охлаждения от установленных величин, резкий рост частоты вращения коленчатого вала, появление течей в трубопроводах систем подачи топлива, смазки, охлаждения, выпуска, а также перегрева двигателя;

б) в электрической части стендов: перегрев нагрузочного реостата и тормозной установки, появление искр, дыма или пламени в частях установки, ненормальный шум работающего генератора;

в) в стенах: возникновение повышенных стуков, появление течей, запахов.

Применение открытого огня, в том числе курение, использование паяльных ламп и т.д. в помещениях лабораторий категорически запрещается.

При возникновении аварийного состояния тяговой лаборатории, трактора или стенда, а также при получении травмы кем-либо из участников работы, вся группа должна сохранять выдержку и организованность, четко и быстро выполняя все указания преподавателя или учебного мастера, которые приняли на себя руководство ликвидацией создавшегося положения.

С правилами техники безопасности ознакомился _____
« » 20__ г.

1. Обработка и анализ результатов тяговых испытаний трактора

1.1 Расчетные формулы для определения показателей трактора

1.1.1 Скорость движения

$$v = 3,6 \cdot \frac{s}{t}, \text{ км/ч} \quad (1.1)$$

где s - длина зачетного участка, м;

t - время прохождения зачетного участка, с.

1.1.2 Часовой расход топлива

$$G_m = 3,6 \cdot \frac{m \cdot h_o}{t}, \text{ км/ч} \quad (1.2)$$

где m - масштаб шкалы расходомерного бочка, г/мм;

h_o - изменения уровня топлива в бочке за время опыта, мм.

1.1.3 Буксование ведущих колес трактора

$$\delta = \frac{n_{cp}^p - n_{cp}^x}{n_{cp}^p} \cdot 100\%, \quad (1.3)$$

где n_{cp}^p - среднее число импульсов («четвертушек») оборотов ведущих колес за опыт при движении трактора с нагрузкой;

n_{cp}^x - среднее число импульсов («четвертушек») оборотов ведущих колес за опыт при холостом ходе трактора;

$$n_{cp}^p = \frac{n_l + n_{np}}{2}, \quad (1.4)$$

n_l, n_{np} - число импульсов («четвертушек») оборотов ведущих колес за опыт левого и первого ведущих колес соответственно.

1.1.4 Тяговое усилие трактора (среднее значение за опытов):

$$P_{kp} = k \cdot h_{cp}, \text{ кН} \quad (1.5)$$

где k - масштаб динамографа, кН/мм;

h_{cp} - среднее за опыт значение ординаты динамограммы, мм.

$$h_{cp} = \frac{\sum h}{N}, \text{ мм} \quad (1.6)$$

где $\sum h$ - сумма измеренных ординат динамограммы за опыт, мм;

N - число ординат

1.1.5 Тяговая мощность:

$$N_{kp} = \frac{P_{kp} \cdot v}{3,6}, \text{ кВт} \quad (1.7)$$

1.1.6 Удельный тяговый расход топлива:

$$g_{kp} = \frac{G_m}{N_{kp}} \cdot 10^3, \text{ г/кВт·ч} \quad (1.8)$$

1.2 Основные расчетные зависимости для определения тягово-скоростных показателей автомобиля

1.2.1 Динамический фактор автомобиля:

$$\varDelta = \psi + \frac{\delta_{\text{ep}} \cdot j}{g}, \quad (1.9)$$

где ψ - приведенный коэффициент сопротивления дороги;

δ_{ep} – коэффициент учета вращающихся масс;

j - ускорение автомобиля, м/с²;

g - ускорение свободного падения, м/с².

1.2.2 Приведенный коэффициент сопротивления дороги ψ принимается на основании обработки опытных данных- испытаний автомобиля на выбег по методике, изложенной в методических указаниях [].

1.2.3 Коэффициент учета вращающихся масс автомобиля по передачам определяется расчетным путем по формуле:

$$\delta_{\text{ep}} = 1 + \frac{J_g \cdot i_{mp} \cdot \eta_m + J_k}{m_a \cdot r_k}, \quad (1.10)$$

где J_g - момент инерции вращающихся масс двигателя, кг·м²;

i_{mp} - передаточное число трансмиссии на данной передаче;

η_m - КПД трансмиссии автомобиля;

J_k - суммарный момент инерции колес автомобиля, кг·м²;

m_a - полная масса автомобиля, кг;

r_k - радиус качения колес автомобиля, м.

Численные величины всех этих показателей принимаются из технической характеристики автомобиля.

1.3 Обработка и анализ результатов тяговых испытаний трактора

1.3.1 Цель тяговых испытаний

1.3.2 Тяговая характеристика трактора (определение):

1.3.3 Назначение тяговой характеристики

1.3.4 Краткое описание применяемого оборудования и приборов

1.3.5 Краткая модель проведение тяговых испытаний

1.3.6 Протокол испытаний

Тяговая характеристика трактора _____													
Фон _____ Передача _____ Влажность почвы _____ %													
Длина пути динамометрирования S = _____ м													
Масштаб динамометра K = _____ кН/мм													
Масштаб топливного бачка m = _____ г/мм													
Топливо дизельное $\rho_t =$ _____ г/см ³													
Номер опыта	<i>t</i>	<i>h_{cp}</i>	<i>P_{kp}</i>	<i>V</i>	<i>N_{kp}</i>	<i>h₀</i>	<i>G_T</i>	<i>g_{kp}</i>	<i>n_{np}</i>	<i>n_L</i>	<i>n_{cp}</i>	δ	Примечания
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

1.3.7 Основные расчетные формулы для определения тяговых показателей

1.3.8 Анализ результатов испытаний

- максимальное тяговое усилие $P_{kp\max} =$
- тяговое усилие при допустимом буксовании $P_{kp(\delta)} =$
- буксование при $P_{kp\max} : \delta =$

причина ограничения тягового усилия:

- максимальная тяговая мощность $N_{kp\max} =$
- тяговое усилие при $N_{kp\max} =$
- анализ характера изменения V, N_{kp}, g_{kp} :

1.3.9 Контрольные вопросы

1.3.9.1 С какой целью проводятся тяговые испытания тракторов?

1.3.9.2 Что такое тяговая характеристика трактора?

1.3.9.3 На каких основных фонах снимаются тяговые характеристики тракторов?

1.3.9.4 Чем регламентируются основные требования к условиям проведения тяговых испытаний?

1.3.9.5 Какие показатели измеряются при проведении тяговых испытаний?

1.3.9.6 Как в процессе тяговых испытаний изменяется тяговая нагрузка трактора?

1.3.9.7 Каково устройство тяговой лаборатории?

1.3.9.8 Как измеряется тяговое усилие трактора в процессе испытаний?

Отчет выполнил студент _____ «____» ____ 20 ____ г.
Отчет принял преподаватель _____ «____» ____ 20 ____ г.

2 Дорожные испытания автомобиля

2.1.1 Перечислите основные показатели тяговой динамики автомобиля

2.1.2 Дайте определение динамическому фактору автомобиля

2.1.3 Дайте определение динамической характеристике автомобиля

2.1.4 Каково назначение динамической характеристики автомобиля?

2.1.5 Изложите краткую методику испытаний автомобиля

2.1.6 Приведите основные расчетные зависимости для определения показателей тяговой динамики автомобиля

2.1.7 Протокол испытаний автомобиля

Марка автомобиля _____ Дорожное покрытие _____
Состояние дорожного покрытия _____

2.1.7.1 Тарировка спидометра

2.1.7.2 Испытание на затухание движения

2.1.7.3 Испытание автомобиля на разгон

$V, \text{ км/ч}$

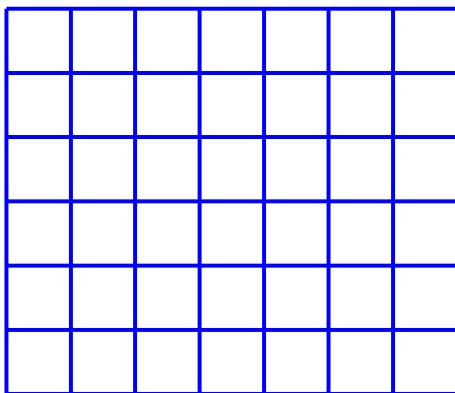
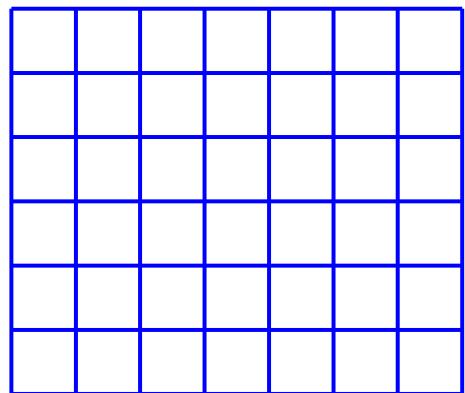


Рисунок 2.1

График калибровки спидометра

$V, \text{ км/ч}$

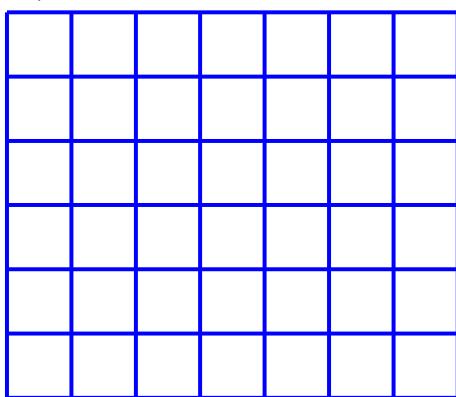


$t, \text{ с}$

Рисунок 2.2

График затухания движения

$V, \text{ км/ч}$

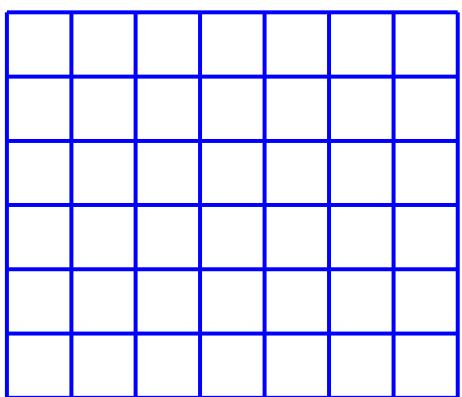


$t, \text{ с}$

Рисунок 2.3

График разгона

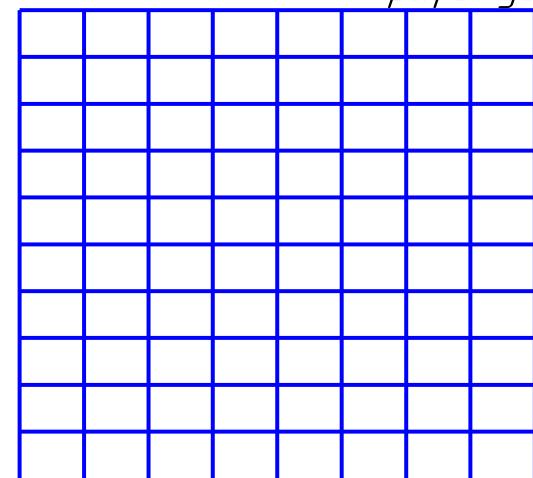
$J, \text{ м/с}^2$



$V, \text{ км/ч}$

Рисунок 2.4

График ускорения



0 20 40 60 80 $V, \text{ км/ч}$

Рисунок 2.5 Динамическая характеристика автомобиля

3 Внешние силы, действующие на машину. Уравнение тягового баланса.

3.1 Определить силу сопротивления качению трактора (автомобиля) при работе на почвенных фонах (дорогах): а)
б); в) на горизонтальной поверхности и
уклоне с углом $\alpha = \dots$.

3.2 Рассчитать и построить зависимость силы сопротивления воздуха от скорости движения автомобиля

3.3 Автомобиль с грузом $m_g = \dots$ кг движется с ускорением $j = \dots$ м/с². Определить результирующую силу сопротивления разгону. Коэффициент учета вращающихся масс автомобиля $\delta_{\text{вр}} = \dots$

3.4 Найти тяговое усилие трактора, работающего на передаче с номинальной загрузкой двигателя. Трактор движется равномерно на участке поля с уклоном $\alpha = \dots$ град с почвенным фоном При расчетах принять величину кпд трансмиссии $\eta_{тр} =$

3.5 Автомобиль с грузом $m_2 = \dots$ кг движется
равномерно со скоростью $v = \dots$ км/ч по участку
(тип дороги)

с уклоном $\alpha = \dots$ град. Определить величину касательной силы тяги, которая должна быть развита автомобилем в заданных условиях движения.

4 Определение нормальных реакций поверхности пути на движитель

4.1 Определить нормальные реакции на передние и задние колеса трактора в неподвижном состоянии и при равномерном движении на горизонтальном участке с тяговым сопротивлением $P_{kp} = \dots$ Н. Высоту точки прицепа принять равной $h_{kp} = \dots$ м, направление усилия на крюке – параллельным поверхности пути, а сопротивлением качению трактора пренебречь. При решении задачи привести расчетную схему.

4.2 Определить, как изменится положение центра давления трактора , работающего с тяговым усилием $P_{kp} = \dots$ Н на горизонтальном поле по сравнению со статистическим положением. При расчетах сопротивлению качению пренебречь, направление тягового усилия принять параллельным поверхности пути, высоту точки прицепа $h_{kp} = \dots$ м, расстояние от центра тяжести трактора до середины опорной поверхности гусеницы $a_o = \dots$ м. Привести расчетную схему.

4.3 Найти, как изменятся величины нормальных реакций дороги на передние и задние колеса автомобиля при равномерном движении и торможении с замедлением $j_t = \dots \text{м/с}^2$ на горизонтальной дороге. При решении задачи сопротивлением воздуха и качению пренебречь. Привести расчетную схему.

4.4 Найти, как изменятся величины нормальных реакций дороги на передние и задние колеса порожнего автомобиля при его движении на горизонтальной дороге со скоростью $v = \dots$ км/ч по сравнению с неподвижным положением. При решении задачи принять: площадь лобового сопротивления $F = \dots$ м, коэффициент сопротивления воздуха $\kappa_v = \dots$. Привести расчетную схему.

5 Энергетический баланс и топливная экономичность машин.

5.1 Определить мощность, развивающую двигательем трактора
при следующих условиях его работы: трактор движется равномерно по
горизонтальному участку поля с тяговым усилием
(вид почвенного фона)

P_{kp} =Н, скоростью v =км/ч и буксованием δ =%.
При расчетах принять величину кпд трансмиссии η_{mp} =, а
направление силы тяги-параллельным поверхности пути.

5.2 Подсчитать мощность, которую должен развивать двигатель автомобиля , движущегося с грузом $m_2 = \dots$ кг с постоянной скоростью $v = \dots$ км/ч, по участку дороги, имеющей подъем $\alpha = \dots$ град. (вид дорожного покрытия)
 При расчете принять кпд трансмиссии $\eta_{tr} = \dots$

5.3 Трактор работает с тяговым усилием $P_{\text{кр}} = \dots \text{Н}$, скорость его движения $v = \dots \text{ км/ч}$, тяговый КПД $\eta_t = \dots$, удельный эффективный расход топлива его двигателя $g_e = \dots \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$. Определить тяговую мощность трактора и удельный расход топлива на единицу тяговой мощности.

5.4 Определить тяговую мощность и часовой расход топлива трактора при следующих условиях его работы: усилие на крюке $P_{kp} = \dots$ Н, действительная скорость движения $v = \dots$ км/ч, тяговый КПД $\eta_t = \dots$, удельный расход топлива двигателем $g_e = \dots$ г/кВт·ч.

5.5 Определить, как изменится удельный расход топлива на единицу тяговой мощности трактора, если тяговый кпд трактора при работе на одной и той же передаче изменится с $\eta_{t1} = \dots$ до $\eta_{t2} = \dots$. Двигатель в обоих случаях работает с постоянной нагрузкой и удельным расходом топлива $g_e = \dots$ г/кВт·ч.

5.6 Определить, как изменится мощность, необходимая на преодоление сопротивления воздуха при изменении скорости движения автомобиля с $v_h = \dots$ км/ч до $v_k = \dots$ км/ч.

5.7 Определить мощность, потребную для разгона автомобиля при движении на передаче со скоростью $v = \dots \text{ км/ч}$ и ускорением $j = \dots \text{ м/с}^2$.

6 Тяговая динамика автомобиля

6.1 Автомобиль движется равномерно на подъем $\alpha = \dots$ град. Определить величину коэффициента сопротивления качению автомобиля, если известно, что динамический фактор автомобиля $D = \dots$

6.2 Автомобиль движется с равномерной скоростью по участку дороги, характеризуемом коэффициентом сопротивления качению $f = \dots$. Определить угол подъема, преодолеваемый автомобилем, если динамический фактор автомобиля $\Delta = \dots$.

6.3 Автомобиль, движущийся по дороге, характеризуемой коэффициентом суммарного сопротивления $\psi = \dots$, при скорости $v = \dots$ км/ч развивает ускорение $j = \dots$ м/с². Найти динамический фактор автомобиля в указанных условиях, если известно, что коэффициент учета вращающихся масс $\delta_{\text{вр}} = \dots$

6.4 Автомобиль движется ускоренно по дороге, характеризуемой коэффициентом сопротивления качению $f = \dots$, и имеющей уклон $\alpha = \dots$ град. Определить развиваемое автомобилем ускорение j , если известно: динамический фактор автомобиля $D = \dots$, скорость его движения $v = \dots$ км/ч, а коэффициент учета вращающихся масс $\delta_{\text{вр}} = \dots$

7 Тормозные свойства машин

7.1 Автомобилю с полной массой $m = \dots$ кг, необходимо затормозить на дороге, имеющей уклон $\alpha = \dots$ град. Определить максимально возможную тормозную силу, которую можно получить на колесах автомобиля.

7.2 Автомобиль, имеющий тормоза на всех колесах, затормаживается на дороге, характеризуемой коэффициентом сцепления $\varphi = \dots$ и имеющей уклон $\alpha = \dots$. Найти максимально возможную величину отрицательного ускорения автомобиля.

7.3 Автомобиль, имеющий тормоза на всех колесах, движется со скоростью $v_h = \dots$ км/ч по дороге, имеющей уклон $\alpha = \dots$ град, и характеризуемой коэффициентом сцепления $\varphi = \dots$. На каком минимальном участке дороги можно снизить скорость автомобиля до $v_k = \dots$ км/ч?

7.4 При торможении автомобиля на участке дороги, характеризуемом коэффициентом сцепления $\varphi = \dots$ и имеющей уклон $\alpha = \dots$ град, длина следа торможения составила $S_t = \dots$ м. Определить скорость автомобиля в начале торможения.

7.5 Автомобиль производит экстренное торможение на горизонтальной дороге, характеризуемой коэффициентом сцепления $\varphi = \dots$, со скорости $v_h = \dots$ км/ч. Найти остановочный путь автомобиля, если время реакции водителя составило $t_p = \dots$ с; время срабатывания тормозного привода $t_{\text{пр}}' = \dots$ с; время нарастания тормозной силы до максимального значения $t_{\text{пр}}'' = \dots$ с; коэффициент эффективности торможения автомобиля $K_e = \dots$.

8 Устойчивость и управляемость машин

8.1 Определить, как изменится величина предельного статического угла поперечной устойчивости при изменении ширины колеи трактора с минимальной до максимальной.

8.2 В хозяйстве имеются поля с поперечным уклоном $\beta = \dots$ град. Возможно ли выполнение поперек склонов сельскохозяйственных работ трактором по условиям устойчивости?

8.3 Проанализировать поперечную устойчивость гусеничного трактора

.....

8.4 Определить возможность поперечного (бокового) опрокидывания автомобиля при движении по дороге, характеризуемой коэффициентом сцепления $\varphi = \dots$. При решении задачи принять ширину колеи $B = \dots$ м, высоту центра тяжести автомобиля $h_{ц} = \dots$ м.

8.5 Автомобиль движется на повороте радиуса $R = \dots$ м по горизонтальной дороге, характеризуемой коэффициентом сцепления $\varphi = \dots$. Возможно ли движение автомобиля без потери устойчивости в данных условиях? При решении задачи принять технические данные автомобиля: ширина колеи $B = \dots$ м, высота центра тяжести автомобиля $h_{ц} = \dots$ м.

8.6 Определить, что произойдет раньше: боковое скольжение или опрокидывание автомобиля и при каком минимальном радиусе. Движение происходит с постоянной скоростью $v = \dots \text{ км/ч}$ по дороге, характеризуемой коэффициентом сцепления $\varphi = \dots$. Технические данные автомобиля: высота центра тяжести $h_{ц} = \dots \text{ м}$, ширина колеи $B = \dots$.

8.7 Пренебрегая боковой деформацией шин определить радиус поворота трактора/автомобиля при средней величине угла поворота управляемых колес $\alpha = \dots$ Град. При расчете принять величину продольной базы машины $L = \dots$ м.

8.8 Определить минимальный радиус поворота автомобиля /трактора, пренебрегая боковой деформацией шин, если максимальный угол поворота наружного колеса $\alpha_{max} = \dots \text{град}$. При расчете принять величину продольной базы машины $L = \dots \text{м}$.

Список учебно-методических материалов

1. Мобильные энергетические средства (часть 2. Расчет тягово-скоростных показателей автомобилей). Методическое пособие. КубГАУ. Краснодар 2010.
2. Справочные материалы по расчетному определению показателей эксплуатационных свойств автомобилей. Кафедра «Тракторы, автомобили и техническая механика» КубГАУ.