

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
"Сибирский государственный автомобильно-дорожный
университет (СибАДИ)"

Кафедра "Автомобили, конструкционные материалы и технологии"

Б.В. Савельев

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА
КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА
ПРАКТИКУМ**

Омск
СибАДИ

2020

УДК 629.113.003

ББК 39.03

С12

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент В.А. Лисин (ФГБОУ ВО "СибАДИ")

Утверждено в качестве учебного пособия
редакционно-издательским советом ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Савельев Б.В. Техническая экспертиза конструкции транспортного средства:
Практикум. – Омск: СибАДИ, 2020. –
ISBN

Практикум предлагает решить некоторые технические задачи, стоящие перед экспертом аккредитованной испытательной лаборатории, при проведении технической экспертизы единичного транспортного средства или транспортного средства в случае внесения изменений в его конструкцию. Практикум предусматривает выполнение необходимых для технической экспертизы расчетов с последующей компьютерной проверкой результатов.

Практикум предназначен для студентов направлений подготовки:

- 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические системы»;
- 23.03.01 «Технология транспортных процессов»;
- 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы»;
- 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

УДК 629.113.003
ББК 39.03

ISBN

© ФГБОУ ВПО "СибАДИ", 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	6
ОБОЗНАЧЕНИЯ	10
Лабораторная работа 1 Техническая экспертиза ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО КАТЕГОРИИ O ₁ , ИЗГОТОВЛЕННОЕ В ПОРЯДКЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТВОРЧЕСТВА	15
1.1. ВВЕДЕНИЕ	15
1.2. ЗАДАНИЕ.....	16
1.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	18
1.4. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ ПРИЦЕПА	18
1.4.1. Показатели массы	19
1.4.2. Габаритные размеры	20
1.4.3. Элементы конструкции.....	20
1.4.4. Поперечная устойчивость	22
1.5. РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	23
1.5.1. Показатели массы	23
1.5.2. Габаритные размеры прицепа	24
1.5.3. Высота центра масс прицепа.....	24
1.5.4. Угол статической устойчивости.....	25
1.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	27
Лабораторная работа 2 Техническая экспертиза ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО КАТЕГОРИИ N С НЕШТАТНЫМ СИЛОВЫМ АГРЕГАТОМ.....	43
2.1. ВВЕДЕНИЕ	43
2.2. ЗАДАНИЯ	43
2.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	45
2.4. РЕГЛАМЕНТАЦИЯ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИИ N	46
2.5. УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА.....	47
2.5.1. Тяговая сила	47
2.5.2. Силы сопротивления движению.....	49
2.5.3. Уравнение движения транспортного средства.....	49
2.6. РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ.....	50
2.6.1. Максимальная скорость	50
2.6.2. Максимальный преодолеваемый подъем.....	54
2.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	55
Лабораторная работа 3 Техническая экспертиза БОРТОВОЙ АВТОМОБИЛЬ СО СЪЕМНОЙ ЦИСТЕРНОЙ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ МАЗУТА.....	28
3.1. ВВЕДЕНИЕ	28
3.2. ЗАДАНИЯ	28

3.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	30
3.3.1. Этап I. Показатели массы и размеры автоцистерны.....	30
3.3.2. Этап II. Поперечная статическая устойчивость автоцистерны.....	31
3.3.3. Этап III. Разработка рекомендаций	31
3.4. ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ	32
3.4.1. Показатели массы транспортного средства	32
3.4.2. Габаритные размеры транспортного средства	32
3.4.3. Угол статической устойчивости.....	32
3.4.4. Перевозка опасных грузов	33
3.4.5. Дополнительные требования к конструкции транспортных средств АТ	34
3.4.6. Маркировка автоцистерн	35
3.5. РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ	36
3.5.1. Этап I. Показатели массы и размеры автоцистерны.....	36
3.5.2. Этап II. Поперечная статическая устойчивость автоцистерны.....	39
3.5.3. Этап III. Разработка рекомендаций	40
3.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	41
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	56
Приложение А Бланки заключений технической экспертизы.....	57
Приложение Б Вывод уравнения высоты центра масс прицепа снаряженной массы .	63
Приложение В Аппроксимация внешней скоростной характеристики двигателя	66
Приложение Г Электронная таблица "LW"	68

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий Практикум содержит методические указания по выполнению лабораторных работ по курсам дисциплин, которые можно объединить названием "[Техническое регулирование](#) в сфере транспортно-технологических машин и комплексов".

При выполнении лабораторных работ студент выступает в роли эксперта, который проводит [техническую экспертизу конструкции единичного транспортного средства](#) или конструкции транспортного средства, находящегося в эксплуатации в случае [внесения изменений в конструкцию](#), на соответствие требованиям [технических регламентов](#), в первую очередь технического регламента Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств" (ТР ТС 018/2011) [2].

В результате выполнения лабораторной работы студент (эксперт) должен составить обоснованное заключение технической экспертизы о соответствии или не соответствии транспортного средства установленным требованиям. Для этого необходимо расчетным путем определить нормируемые техническим регламентом показатели технической характеристики транспортного средства. Правильность выполненных расчетов должна быть подтверждена электронной таблицей "LW". Порядок работы с электронной таблицей приведен в [приложении Г](#) к Практикуму.

ВНИМАНИЕ! Относительная погрешность вычислений и округления результатов расчетов не должна превышать 0,5 %. Относительную погрешность более 0,5 % электронная таблица "LW" воспринимает как ошибку расчета.

Результаты работы студент оформляет как "Заключение технической экспертизы конструкции транспортного средства", бланки "Заключений" приведены в [приложении А](#) к Практикуму.

Лабораторный практикум предусматривает процедуру допуска студентов к лабораторной работе. Допуском является правильно заполненная страница "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ" бланка "Заключение технической экспертизы конструкции транспортного средства". Студент должен заполнить эту страницу самостоятельно во внеучебное время до начала лабораторной работы.

При отсутствии исходных данных студент к лабораторной работе не допускается.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В Практикуме используются термины и их определения, введенные Федеральным законом "О техническом регулировании" [1], техническим регламентом Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств" (ТР ТС 018/2011) [2], ГОСТ 22748 [10] и ГОСТ 33987-2016 [11]:

"автопоезд" – транспортное средство, образованное автомобилем и буксируемым им полуприцепом или прицепом (прицепами);

"антиблокировочная тормозная система" – тормозная система транспортного средства с автоматическим регулированием в процессе торможения степени проскальзывания колес транспортного средства в направлении их вращения;

"база транспортного средства" – расстояние между центрами колес осей при максимальной массе транспортного средства (для полуприцепа - расстояние между осью шкворня и первой от шкворня осью);

"базовое транспортное средство" – выпущенное в обращение транспортное средство, которое в целом или его основные компоненты в виде кузова или шасси были использованы для создания другого транспортного средства;

"внесение изменений в конструкцию транспортного средства" – исключение предусмотренных или установка не предусмотренных конструкцией конкретного транспортного средства составных частей и предметов оборудования, выполненные после выпуска транспортного средства в обращение и влияющие на безопасность дорожного движения;

"задний свес транспортного средства" – расстояние по горизонтали между центральной линией задних колес и крайней задней точкой транспортного средства;

"единичное транспортное средство" – транспортное средство:

1) изготовленное в государствах-членах Таможенного союза:

- в условиях серийного производства, в конструкцию которого в индивидуальном порядке были внесены изменения до выпуска в обращение; или

- вне серийного производства в индивидуальном порядке из сборочного комплекта; или

- являющееся результатом индивидуального технического творчества; или

- выпускаемое в обращение из числа ранее поставленных по государственному оборонному заказу;

2) ввозимое на единую таможенную территорию Таможенного союза:

- физическим лицом для собственных нужд; или
- ранее участвовавшее в дорожном движении в государствах, не являющихся членами Таможенного союза, при условии, что с момента изготовления транспортного средства прошло более трех лет;

"категория транспортного средства" – классификационная характеристика транспортного средства, применяемая в целях установления в настоящем техническом регламенте требований;

"масса транспортного средства в снаряженном состоянии" – масса транспортного средства, включающая массу 100% масел, охлаждающей жидкости и других жидкостей, массу не менее 90% топлива, массу водителя (75 кг);

"оценка соответствия" – прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту;

"прицеп с центральной осью" – буксируемое транспортное средство, оборудованное:

- дышлом, которое не может перемещаться вертикально (по отношению к прицепу),

- и ось(и) которого расположена(ы) вблизи центра масс транспортного средства (при равномерной загрузке) так, что на буксирующее транспортное средство передается только незначительная статическая вертикальная нагрузка, не превышающая либо 10% величины, соответствующей максимальной массе прицепа, либо 10 кН (в зависимости от того, какая из этих величин меньше)¹;

"передний свес автомобиля" – расстояние по горизонтали между центральной линией передних колес и крайней передней точкой автомобиля (рис. 2.5);

"свес дышла прицепа" – расстояние по горизонтали между центральной линией передних колес и осью сферы замкового устройства дышла (для тягово-сцепного устройства шарового типа);

"снаряженная масса транспортного средства" – см. ["масса транспортного средства в снаряженном состоянии"](#).

"техническое регулирование" – правовое регулирование отношений в области:

1) установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации;

¹ Определение введено приложением 7 к "Сводной резолюции о конструкции транспортных средств" (СР3). Аутентичный текст СР3 см. ГОСТ Р 52051 [12].

2) применения на добровольной основе требований к продукции, процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг;

3) оценки соответствия;

"**технический регламент**" – документ, который устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации) и принят:

1) международным договором Российской Федерации, подлежащим ратификации в порядке, установленном законодательством Российской Федерации,

2) или в соответствии с международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации,

3) или указом Президента Российской Федерации,

4) или постановлением Правительства Российской Федерации,

5) или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию;

"**техническая экспертиза конструкции транспортного средства**" - анализ конструкции транспортного средства и технической документации на него без проведения испытаний;

"**технически допустимая максимальная масса транспортного средства**" - установленная изготовителем максимальная масса транспортного средства со снаряжением, пассажирами и грузом, обусловленная его конструкцией и заданными характеристиками;

ПРИМЕЧАНИЕ – В кратком автомобильном справочнике НИИАТ [16] применяется термин "полная масса транспортного средства», который является синонимом термина «технически допустимая максимальная масса транспортного средства".

"**технически допустимая максимальная масса автопоезда**" – установленная изготовителем максимальная суммарная масса тягача и буксируемого им полуприцепа или прицепа (прицепов) со снаряжением, пассажирами и грузом;

"**технически допустимая максимальная масса прицепа**" – установленная изготовителем тягача масса буксируемого им прицепа со снаряжением и грузом;

"технически допустимая максимальная масса, приходящаяся на ось (группу осей)" – масса, соответствующая максимально допустимой статической вертикальной нагрузке, передаваемой осью (группой осей) на опорную поверхность, обусловленная конструкцией оси (группы осей) и транспортного средства, установленная его изготовителем;

"технически допустимая максимальная нагрузка на тягово-сцепное устройство" – величина, соответствующая максимально допустимой статической вертикальной нагрузке на сцепное устройство (без учета нагрузки от массы сцепного устройства транспортного средства категорий М и N), обусловленная конструкцией транспортного средства и (или) сцепного устройства, установленная изготовителем транспортного средства;

"транспортное средство" – устройство на колесном ходу категорий L, M, N, O, предназначенное для перевозки людей, грузов или оборудования, установленного на нем;

"устройство ограничения скорости" – устройство, основная функция которого заключается в регулировании подачи топлива в двигатель с целью ограничения скорости транспортного средства до заданной величины;

"функция ограничения скорости" – узлы транспортного средства, иные, чем устройство ограничения скорости (например, электронный блок управления работой двигателя), обеспечивающие ограничение скорости транспортного средства до заданной величины путем регулирования подачи топлива в двигатель.

ОБОЗНАЧЕНИЯ

В Практикуме используются следующие обозначения:

A , B и C – коэффициенты квадратного уравнения, к которому сводится уравнение силового баланса транспортного средства;

a , b и c – коэффициенты квадратного уравнения, аппроксимирующего внешнюю скоростную характеристику двигателя;

b – колея, приведенная к поперечному сечению транспортного средства в плоскости, проходящей через его центр масс, мм;

B_1 – колея колес прицепа, мм (лабораторная работа № 1) или колея передних колес транспортного средства, м (лабораторная работа № 3);

b_2 – расстояние между осями сдвоенных колес (колес с двухскатной ошиновкой), мм;

B_4 – ширина загрузочного пространства (внутренняя ширина бортовой платформы), мм;

B_K – ширина надколесного крыла, мм;

B_{CP} – средняя колея колес – среднее арифметическое между колеями передних колес и серединами наружных колес заднего моста (тележки), мм;

$B_{Ц}$ – ширина цистерны, мм;

F – площадь лобового сопротивления транспортного средства, м²;

F_D – внутренняя площадь днища цистерны, мм;

F_O – внутренняя площадь обечайки цистерны, мм;

f – коэффициент сопротивления качению

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H – габаритная высота транспортного средства, м;

H_B – высота центра массы водителя, мм;

H_5 – погрузочная высота (высота пола бортовой платформы относительно дороги), мм;

H_6 – высота бортов платформы, мм;

$H_{3У}$ – высота пола платформы относительно центра сферы замкового устройства тягово-сцепного устройства прицепа (знак "минус" означает, что пол платформы располагается ниже центра сферы замкового устройства), мм;

H_T – высота дуг тента относительно бортов платформы, мм;

$H_{Ц}$ – высота цистерны, мм;

$H_{ЦМ}$ – высота центра масс транспортного средства максимальной массы, мм;

h – расстояние по вертикали от центральной линии колес до центра сферы замкового устройства тягово-сцепного устройства шарового типа, мм;

h_B – высота центра масс базового транспортного средства в снаряженном состоянии, мм;

h_G – высота центра масс груза в транспортном средстве относительно поверхности дороги, мм;

h_C – высота центра масс цистерны, полностью заполненной грузом, относительно поверхности дороги, мм;

$h_{ЦМ}$ – высота центра масс транспортного средства в снаряженном состоянии, мм;

$i_{МАХ}$ – максимальный преодолеваемый подъем, %;

K – отношение максимальной массы, приходящейся на переднюю ось базового транспортного средства, к максимальной массе, приходящейся на заднюю ось (группу сближенных осей) базового транспортного средства;

k_R – коэффициент связи между радиусом качения R_k и статическим радиусом колеса R ;

k_B – коэффициент обтекаемости, кг/м³;

L – длина цистерны, мм;

L_1 – расчетная база транспортного средства, мм;

L_6 – [передний свес автомобиля](#), мм;

L_7 – [свес дышла прицепа](#), мм;

L_8 – расстояние по горизонтали от оси колес до центра сферы замкового устройства, мм;

L_9 – [задний свес транспортного средства](#), мм;

L_{12} – длина загрузочного пространства (внутренняя длина) бортовой платформы, мм;

$L_{12Ц}$ – длина загрузочного пространства (внутренняя длина) цистерны, мм;

L_B – абсцисса центра массы водителя (расстояние по горизонтали от передней оси до центра масс водителя), мм;

L_G – абсцисса центра массы груза (расстояние по горизонтали от оси колес до центра массы груза), мм;

$L_{ЗБ}$ – расстояние от заднего борта автомобиля до задней стенки цистерны (расстояние, на которое необходимо сдвинуть цистерну вперед, чтобы обеспечить рекомендуемое значение абсциссы ее центра масс L_P), мм;

$L_{ЗВ}$ – расстояние по горизонтали заднего выступа прицепа за бортовую платформу, мм;

L_O – длина дуги поперечного сечения обечайки цистерны, мм;

L_P – рекомендуемое значение абсциссы центра цистерны, при котором обеспечивается рациональное распределение массы автоцистерны, мм;

$L_{Ц}$ – абсцисса центра масс цистерны – расстояние по горизонтали от центра масс цистерны до оси задних колес (середины группы сближенных осей), мм;

$L_{ЦМ}$ – абсцисса центра масс транспортного средства (расстояние по горизонтали от центра масс до центральной линии (задних) колес), мм;

M – масса транспортного средства в снаряженном состоянии, кг;

m – масса транспортного средства, кг;

M_1 – осевая масса передней оси транспортного средства в снаряженном состоянии, кг;

M_2 – осевая масса задней оси (группы сближенных осей) транспортного средства в снаряженном состоянии, кг;

$M_{МАХ}$ – максимальный крутящий момент двигателя, Н·м;

M_E – крутящий момент, снимаемый с коленчатого вала двигателя, Н·м;

M_N – крутящий момент (Н·м) при максимальной мощности двигателя N (кВт);

M_A – максимальная (полная) масса транспортного средства, кг;

M_{A1} – максимальная (полная) масса транспортного средства, приходящаяся на переднюю ось транспортного средства, кг;

M_{A2} – максимальная (полная) масса транспортного средства, приходящаяся на заднюю ось (группу сближенных осей) транспортного средства, кг;

$M_{АБ}$ – максимальная (полная) масса базового транспортного средства, кг;

$M_{АБ1}$ – максимальная (полная) масса базового транспортного средства, приходящаяся на переднюю ось транспортного средства, кг;

$M_{АБ2}$ – максимальная (полная) масса базового транспортного средства, приходящаяся на заднюю ось (группу сближенных осей) базового транспортного средства, кг;

M_B – масса базового транспортного средства в снаряженном состоянии, кг;

$M_{Б1}$ – осевая масса передней оси базового транспортного средства в снаряженном состоянии, кг;

$M_{Б2}$ – осевая масса задней оси (группы сближенных осей) базового транспортного средства в снаряженном состоянии, кг;

$M_{Г}$ – грузоподъемность транспортного средства, кг;

M_H – масса, приходящаяся на центр сферы замкового устройства тягово-сцепного устройства шарового типа прицепа снаряженной массы M в наклонном положении (замковое устройство расположено на поверхности дороги), кг;

M_C – масса, приходящаяся на центр сферы замкового устройства тягово-цепного устройства шарового типа прицепа снаряженной массы M в горизонтальном положении, кг;

M_{CG} – масса, приходящаяся на центр сферы замкового устройства тягово-цепного устройства шарового типа прицепа максимальной (полной) массы, кг;

$M_{Ц}$ – собственная масса цистерны, кг;

$M_{ЦГ}$ – масса цистерны, полностью заполненной грузом, кг;

n – частота вращения коленчатого вала, об/мин;

n_M – частота вращения вала двигателя (об/мин) при максимальном крутящем моменте M_{MAX} двигателя (Н·м);

n_{MIN} – минимальная устойчивая частота вращения вала двигателя, об/мин;

n_N – частота вращения вала двигателя при максимальной мощности N , об/мин;

$n_{П}$ – число пассажирских мест для сиденья в транспортном средстве;

q_S – коэффициент поперечной устойчивости транспортного средства;

P_B – сила сопротивления воздуха, Н;

P_K – сила сопротивления качению, Н;

$P_{П}$ – сила сопротивления подъему, Н;

P_T – тяговая сила, Н;

$P_{T(ПВ)}$ – тяговая сила на повышающей передаче коробки передач, Н;

$P_{T(ПР)}$ – тяговая сила на прямой передаче коробки передач, Н;

R – статический радиус колеса, мм (лабораторная работа № 1), м (лабораторная работа № 3);

R_D – динамический радиус колеса, м;

R_K – радиус качения колеса (кинематический радиус), м;

S – толщина обечайки и днищ цистерны, мм;

U – передаточное число трансмиссии;

U_0 – передаточное число главной передачи;

U_1 – передаточное число первой передачи коробки передач;

U_B – передаточное число высшей передачи коробки передач;

$U_{КП}$ – передаточное число коробки передач;

V – вместимость цистерны, л;

v – скорость движения транспортного средства, км/ч;

v_{MAX} – максимальная скорость транспортного средства, км/ч;

v_N – максимальная скорость (км/ч), ограничиваемая частотой вращения n_N вала двигателя при максимальной мощности N ;

$v_{N(ПВ)}$ – максимальная скорость (км/ч) на повышающей передаче коробки передач, ограничиваемая частотой вращения n_N вала двигателя при максимальной мощности N ;

$v_{N(ПР)}$ – максимальная скорость (км/ч) на прямой передаче коробки передач, ограничиваемая частотой вращения n_N вала двигателя при максимальной мощности N ;

v_T – максимальная скорость (км/ч), ограничиваемая тяговой силой P_T ;

$v_{T(ПВ)}$ – максимальная скорость (км/ч) на повышающей передаче коробки передач, ограничиваемая тяговой силой P_T ;

$v_{T(ПР)}$ – максимальная скорость (км/ч) на прямой передаче коробки передач, ограничиваемая тяговой силой P_T ;

v_{MIN} – минимальная скорость движения транспортного средства (км/ч), соответствующая минимальной устойчивой частоте n_{MIN} вращения вала двигателя;

v_N – скорость движения транспортного средства (км/ч), определяемая частотой вращения n_N вала двигателя при максимальной мощности N ;

α – угол продольного подъема дороги, градус;

α_{MAX} – угол максимального преодолеваемого подъема, градус;

$\alpha_{СУ}$ – угол статической устойчивости, градус;

α_H – нормативное значение угла статической устойчивости, градус;

β – проекция на вертикальную продольную плоскость одноосного прицепа образуемого его конструкцией угла, используемого для вывода уравнений расчета высоты центра масс прицепа в снаряженном состоянии;

ΔL_{12} – длина свободного загрузочного пространства бортовой платформы (рис. 2.6), мм;

η – КПД трансмиссии;

λ – см. β .

Лабораторная работа 1
Техническая экспертиза
ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО КАТЕГОРИИ O₁, ИЗГОТОВЛЕННОЕ
В ПОРЯДКЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТВОРЧЕСТВА

1.1. ВВЕДЕНИЕ

Прицеп для легкового автомобиля (далее – прицеп) является наиболее частым объектом индивидуального технического творчества, так как он доступен для проектирования и прост в изготовлении. Транспортное средство, изготовленное в результате индивидуального технического творчества, технический регламент Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств" (ТР ТС 018/2011) [2] определяет как "[единичное транспортное средство](#)".

Объект технической экспертизы – прицеп для легкового автомобиля, изготовленный в порядке индивидуального технического творчества и имеющее следующие конструктивные признаки:

- категория транспортного средства – O₁ (см. приложение № 1 к ТР ТС 018/2011 [2]);

- тип транспортного средства – [прицеп с центральной осью](#);

- число осей – одна;

- тип грузочного пространства – бортовая платформа, которая может быть оборудована тентом;

- тормозная система – отсутствует;

- тягово-сцепное устройство – шарового типа, прицеп оборудован замковым устройством для соединения со сцепным шаром автомобиля-тягача (рис. 1.1);

- опорная стойка с механизмом подъема-опускания, обеспечивающим установку замкового устройства прицепа в положение сцепки/расцепки с тягачом (рис. 1.2), – отсутствует.

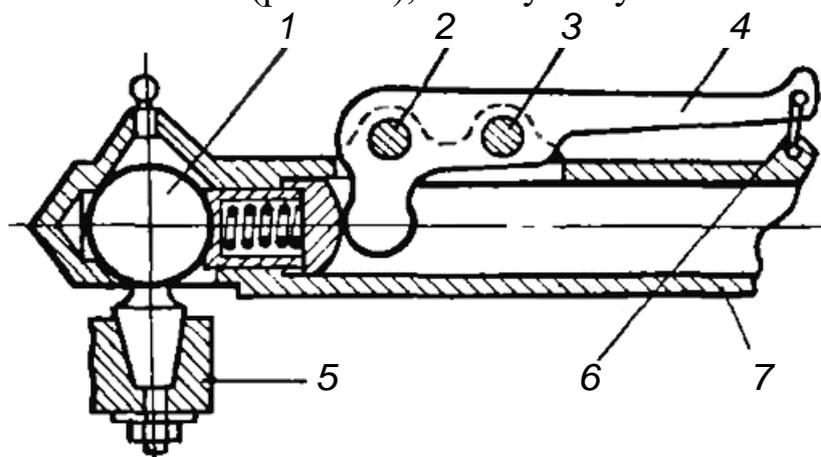


Рис. 1.1. Тягово-сцепное устройство шарового типа:

1 – сцепной шар автомобиля-тягача; 2 – ось запорного рычага; 3 – стопор;

4 – запорный рычаг; 5 – кронштейн крепления сцепного шара; 6 – дополнительный механический стопор; 7 – корпус замкового устройства



Цель технической экспертизы конструкции транспортного средства – оценка соответствия показателей массы и размеров транспортного средства требованиям ТР ТС 018/2011 [2].

1.2. ЗАДАНИЕ

Исходные данные для выполнения технической экспертизы – показатели массы и размеры прицепа – определяют экспериментальным методом. Для выполнения измерений прицеп устанавливают на горизонтальной поверхности горизонтально. Горизонтальным положением прицепа является такое положение, при котором пол платформы принимает горизонтальное положение. Давление в шинах должно соответствовать предписаниям изготовителя шин и должно быть одинаковым.

В лабораторной работе исходные данные технической экспертизы принимаются:

- 1) по варианту задания в соответствии с табл. 1.1;
- 2) по характеристикам модели прототипа прицепа (см. табл. 1.1), приведенным в "Кратком автомобильном справочнике" [2].

Исходные данные, которые следует принять по "Краткому автомобильному справочнику", указаны в разделе "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ" бланка заключения технической экспертизы ([приложение А](#)).

Таблица 1.1

Варианты заданий для выполнения работы

Вариант	Прототип прицепа	Основной тяговый автомобиль	Размеры, мм					Масса, кг	
			L_8	L_9	B_K	H_{3y}	H_T	M_C	M_H
1	КамАЗ-8125	ВАЗ-1111	860	616	192	50	0	15	21
2		ЗАЗ-11022	800	609	200	60	0	17	24
3	ЛуАЗ-8148	Москвич 412ИЭ	975	605	208	80	90	15	21
4		ИЖ-21251	900	598	220	70	90	17	24
5	ВМЗ-9.601	ВАЗ-1111	755	620	250	-20	150	15	19
6		ЗАЗ-11022	860	613	230	-10	150	17	21
7	НЗАС-8122	Москвич 412ИЭ	840	697	130	90	70	15	19
8	"Пчелка"	ИЖ-21251	900	689	200	100	70	17	20
9	ОдАЗ-8144	ВАЗ-2104	1116	803	225	0	330	15	19
10	"Одиссей"	ИЖ-2126	1000	793	240	10	330	17	20
11	ПС-02 "Алиса"	ВАЗ-2107	900	766	135	90	0	15	21
12		ВАЗ-2108	860	757	190	100	0	17	24
13	ЧМЗАП-81241	ВАЗ-2104	849	678	166	30	95	15	19
14		ИЖ-2126	800	670	190	40	95	17	20
15	Модель 81021	ВАЗ-2105	718	811	0	-20	182	15	21
16		ЛуАЗ-1302	800	802	0	-30	182	17	20
17	ПМЗ-8131	ВАЗ-2107	860	814	0	80	225	15	21
18		ВАЗ-2108	800	805	0	90	225	17	20
19	ММЗ-81024	ВАЗ-2109	825	812	0	90	190	15	21
20		ВАЗ-2121	780	803	0	80	190	17	20
21	МАЗ-8114	ВАЗ-2109	742	703	0	0	175	15	21
22		ВАЗ-2121	800	695	0	10	175	17	24
23	Модель 8140	ВАЗ-2105	690	814	225	-20	5	15	21
24		ЛуАЗ-1302	800	805	250	0	5	17	20
25	КМЗ-8136	АЗЛК-2141-01	1150	814	278	90	660	15	20
26		ВАЗ-21099	1000	805	300	80	660	17	21
27	Модель 8129	ГАЗ-3102	870	673	88	150	130	15	21
28		ВАЗ-21099	800	666	120	120	130	17	24
29	Модель 8121	ГАЗ-3102	998	836	198	120	105	15	19
30	"Скиф-500"	АЗЛК-2141-01	900	827	230	100	105	17	20

L_8 – расстояние по горизонтали от оси колес до центра сферы замкового устройства;

L_9 – задний свес;

B_K – ширина надколесного крыла прицепа;

H_{3y} – высота пола платформы относительно центра сферы замкового устройства;

H_T – высота дуг тента относительно бортов платформы

Масса, приходящаяся на центр сферы замкового устройства прицепа снаряженной массы: M_C – в горизонтальном положении; M_H – в наклонном положении

1.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с требованиями к конструкции транспортного средства категории О₁, установленными ТР ТС 018/2011 [2] (подраздел 1.4 Практикума).

2. Получить у преподавателя номер варианта задания, заполнить раздел "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ" бланка заключения технической экспертизы. Заполненный бланк предъявить преподавателю для проверки.

3. Провести расчетное определение показателей транспортного средства в следующей последовательности:

- показатели массы (пункт 1.5.1 Практикума);
- габаритные размеры транспортного средства и высота центра сферы замкового устройства тягово-цепного устройства (пункт 1.5.2 Практикума);
- высота центра масс транспортного средства (пункт 1.5.3 Практикума);
- угол статической устойчивости транспортного средства (пункт 1.5.4 Практикума).

4. Рассчитанные значения показателей транспортного средства следует занести в графы столбца «Значение фактическое». Фактические (расчетные) значения характеристик транспортного средства следует указать с точностью, принятой в автомобильной промышленности (см. "Краткий автомобильный справочник" [16]), чрезмерная точность не допускается. Нормативные значения, в том числе полученные расчетным путем, следует занести в графы колонки «Значение нормативное». Если для какого-либо показателя не установлено нормативное значение, в графе «нормативное» ставится прочерк.

5. Составить заключение технической экспертизы (заполнить бланк). Фактические (расчетные) значения характеристик транспортного средства следует указать с точностью, принятой в автомобильной промышленности (см. "Краткий автомобильный справочник" [16]). Если для показателя не установлено нормативное значение, в графе "нормативное" ставится прочерк.

6. В итоговой части заключения технической экспертизы указать "соответствует" или "не соответствует" транспортное средство установленным требованиям. Если транспортное средство не соответствует установленным требованиям, необходимо итоговую часть заключения дополнить сведениями о конкретном нарушении требований, например "грузоподъемность выше нормы".

1.4. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ ПРИЦЕПА

1.4.1. Показатели массы

Технический регламент ТР ТС 018/2011 [2] (раздел 14 приложения № 3) устанавливает следующие ограничения показателей массы транспортного средства категории O_1 :

"Масса прицепа, предназначенного для буксировки транспортным средством категории M_1 , не должна превышать технически допустимой массы, установленной изготовителем буксирующего транспортного средства, и:

1) если прицеп имеет рабочую тормозную систему:

- технически допустимой максимальной массы буксирующего транспортного средства;

- для транспортных средств категории M_1G , – 1,5-кратное значение технически допустимой максимальной массы буксирующего транспортного средства;

- во всех случаях, 3500 кг;

2) если прицеп не имеет рабочей тормозной системы: половины массы буксирующего транспортного средства в снаряженном состоянии и, во всех случаях, 750 кг.

Максимальная нагрузка, приходящаяся на тягово-сцепное устройство транспортного средства категорий M и N , предназначенного для буксировки прицепа с центральной осью:

- при технически допустимой максимальной массе прицепа, превышающей 3500 кг, должна быть не менее 10% его технически допустимой максимальной массы или 1000 кг (выбирается меньшее значение);

- при технически допустимой максимальной массе прицепа, не превышающей 3500 кг, должна быть не менее 4% его технически допустимой максимальной массы или 25 кг (выбирается меньшее значение)".

Кроме того, в соответствии с ТР ТС 018/2011 [2] (пункт 2.3 приложения № 5) *"вертикальная статическая нагрузка на тяговое устройство автомобиля от сцепной петли [замкового устройства] одноосного прицепа в снаряженном состоянии не должна быть более 490 Н. При вертикальной статической нагрузке от сцепной петли [замкового устройства] прицепа более 490 Н передняя опорная стойка должна быть оборудована механизмом подъема-опускания, обеспечивающим установку сцепной петли [замкового устройства] в положение сцепки (расцепки) прицепа с тягачом"*.

Разрешенная максимальная масса буксируемого прицепа указывается в технической характеристике автомобиля и ограничена условием обеспечения требуемых тормозных свойств автопоезда.

Нарушение допустимой нагрузки на тягово-сцепное устройство автомобиля-тягача в сильной степени ухудшает ездовые свойства автопоезда. При недостаточной нагрузке на тягово-сцепное устройство снижается критическая скорость автопоезда, при которой возникают резонансные вертикальные колебания в точке сцепки автопоезда, что приводит к "вилянию" прицепа с возрастающей амплитудой.

1.4.2. Габаритные размеры

ТР ТС 018/2011 [2] (раздел 1 приложения № 5) устанавливает следующие требования к размерам транспортных средств:

1) максимальная длина не должна превышать:

- одиночных транспортных средств категорий М₁, N и O (прицепа) – 12 м;

- автопоезда в составе тягача и прицепа (полуприцепа) – 20 м;

2) максимальная ширина транспортных средств категорий М, N, O не должна превышать 2,55 м;

3) максимальная высота транспортных средств категорий М, N, O не должна превышать 4 м.

1.4.3. Элементы конструкции

В соответствии с Правилами ООН № 13 [3] (пункты 5.2.2.1 и 5.2.2.2) *"На прицепах категории O₁ наличие рабочей тормозной системы не обязательно; однако если прицепы этой категории оборудованы рабочей тормозной системой, то они должны удовлетворять тем же требованиям, что и прицепы категории O₂. Прицепы категории O₂ должны быть оборудованы рабочей тормозной системой... инерционного типа. Этот последний тип допускается только на прицепах с центральной осью. Однако допускаются электрические системы торможения..."*.

ТР ТС 018/2011 [2] (пункты 6.4, 6.7, 6.8.5) предписывает:

"Одноосные прицепы (за исключением роспусков) и прицепы, не оборудованные рабочей тормозной системой, должны быть оборудованы предохранительными приспособлениями (цепями, тросами), которые должны быть работоспособны. Длина предохранительных цепей (тросов) должна предотвращать контакт сцепной петли (замкового устройства) дышла с дорожной поверхностью и при этом обеспечивать управление прицепом в случае обрыва (поломки) тягово-сцепного устройства" (рис. 1.3).

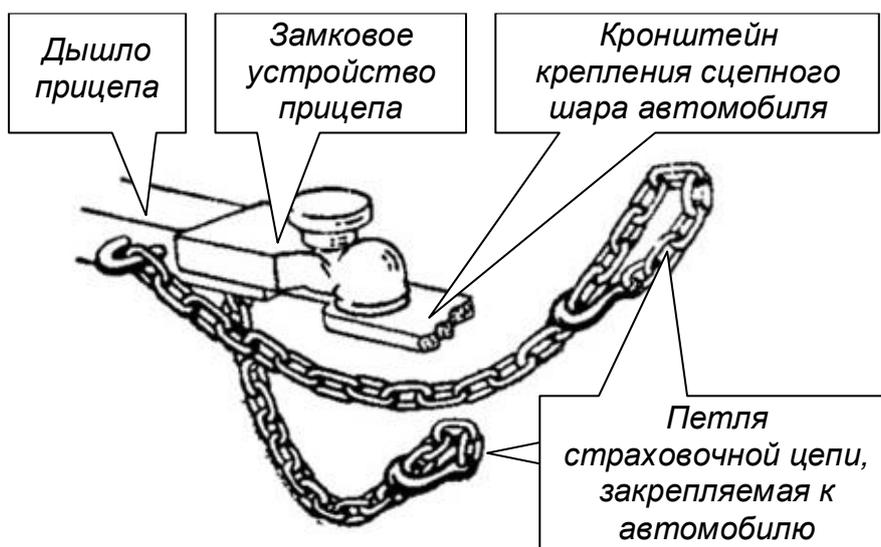


Рис. 1.3. Установка страховочных цепей на дышле прицепа

Тягово-цепные устройства легковых автомобилей должны обеспечивать безззорную сцепку. Самопроизвольная расцепка не допускается.

Диаметр шара тягово-цепного устройства легковых автомобилей должен быть в пределах от номинального, равного 50,0 мм, до минимально допустимого, составляющего 49,6 мм".

Правила ООН № 55 [4] (пункты 4.2-4.4) в отношении тягово-цепных устройств шарового типа предписывают следующее.

"Все детали механического сцепного устройства или его элементов, повреждение которых может привести к отсоединению транспортного средства от прицепа, должны быть изготовлены из стали..."

Механические цепные устройства или их элементы должны быть безопасными в эксплуатации, а сцепка и расцепка должны обеспечиваться одним человеком без использования специальных инструментов...

Все механические цепные устройства или их элементы разрабатываются таким образом, чтобы они обеспечивали эффективное механическое запирание и чтобы в закрытом положении они блокировались по меньшей мере одним дополнительным механическим приспособлением..."

В соответствии с предписаниями Правил ООН № 55 (пункт 1.1.1 приложения 7) высота установки тягового шара на автомобиле-тягаче должна быть такой, чтобы центр шара находился на высоте от грунта в пределах 350-420 мм. Соответственно на такой же высоте должен находиться центр сферы замкового устройства тягово-цепного устройства прицепа.

Кроме того, Правила ООН № 55 [4] (пункт 1.5.1 приложения 5) предписывают:

"Точки крепления аварийного сцепного устройства и/или страховочного троса располагаются таким образом, чтобы в процессе эксплуатации аварийное сцепное устройство или страховочный трос не ограничивали обычного угла отклонения сцепного устройства и не препятствовали нормальному функционированию системы инерционного торможения.

Если предусмотрена лишь одна точка крепления, то она должна быть расположена в пределах 100 мм от вертикальной [продольной] плоскости, проходящей через центр сочленения сцепного устройства. Если на практике это обеспечить невозможно, то должны быть предусмотрены две точки крепления – по одной с обеих сторон от вертикальной геометрической оси, – которые находились бы на равном расстоянии (максимум 250 мм) от этой оси. Точка (точки) крепления должна (должны) находиться сзади как можно дальше и как можно выше".

1.4.4. Поперечная устойчивость

В качестве оценочного показателя поперечной устойчивости транспортного средства ТР ТС 018/2011 [2] (пункт 4.3.1 приложения № 3) устанавливает угол статической устойчивости $\alpha_{су}$, под которым понимается *"угол наклона опорной поверхности α опрокидывающей платформы относительно горизонтальной плоскости, при котором произошел отрыв всех колес одной стороны одиночного транспортного средства (максимальной массы) от опорной поверхности платформы. Величина угла $\alpha_{су}$, полученная в результате испытаний, должна быть не менее нормативного значения α_H (градус), зависящего от коэффициента q_s поперечной устойчивости ТС и определяемого по следующим формулам:*

$$\alpha_H = \begin{cases} 21; & (q_s < 0,55); \\ 42,4q_s - 2,4; & (0,55 \leq q_s \leq 1,0); \\ 15 + 25q_s; & (q_s > 1,0). \end{cases} \quad (1.1)$$

Коэффициент поперечной устойчивости q_s , определяют по формуле:

$$q_s = \frac{b}{2H_{ЦМ}}, \quad (1.2)$$

где b – колея, приведенная к поперечному сечению транспортного средства в плоскости, проходящей через его центр масс (рис. 1.4), мм;

$H_{\text{ЦМ}}$ – высота центра масс транспортного средства максимальной массы над опорной поверхностью, мм".

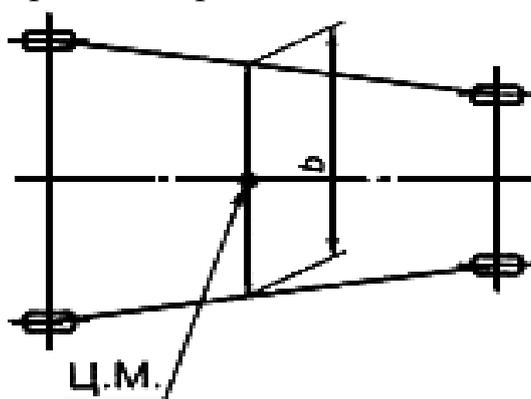


Рис. 1.4. Схема определения приведенной колеи b .

1.5. РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

1.5.1. Показатели массы

Задачей расчета является определение показателей массы:

- указываемых в паспорте транспортного средства (технически допустимая максимальная масса и масса транспортного средства в снаряженном состоянии);
- нормируемых ТР ТС 018/2011.

Грузоподъемность прицепа M_{Γ} (кг) подсчитывается по максимальной допустимой массе прицепа, установленной изготовителем основного автомобиля-тягача, и по снаряженной массе прицепа M .

Масса $M_{\text{СГ}}$, приходящаяся на центр сферы замкового устройства тягово-сцепного устройства прицепа максимальной (полной) массы, подсчитывается по уравнению, выведенному из баланса сил, действующих на неподвижный прицеп (рис. 1.5):

$$M_{\text{СГ}} = M_{\text{С}} + M_{\Gamma} \frac{L_{\Gamma}}{L_{\Gamma}}, \quad (1.3)$$

где M_{Γ} – грузоподъемность прицепа, кг;

$M_{\text{С}}$ – масса прицепа в снаряженном состоянии, приходящаяся на замковое устройство, кг;

L_{Γ} – горизонтальное смещение центра массы груза вперед относительно центральной линии колес, мм;

L_{Γ} – свес дышла, мм.

Размеры L_{Γ} и L_{Γ} подсчитывают по размерам прицепа, приведенным в разделе "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ" заключения технической экспертизы.

1.5.2. Габаритные размеры прицепа

Габаритные размеры прицепа подсчитывают по слагаемым размерам, приведенным в разделе "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ" заключения технической экспертизы.

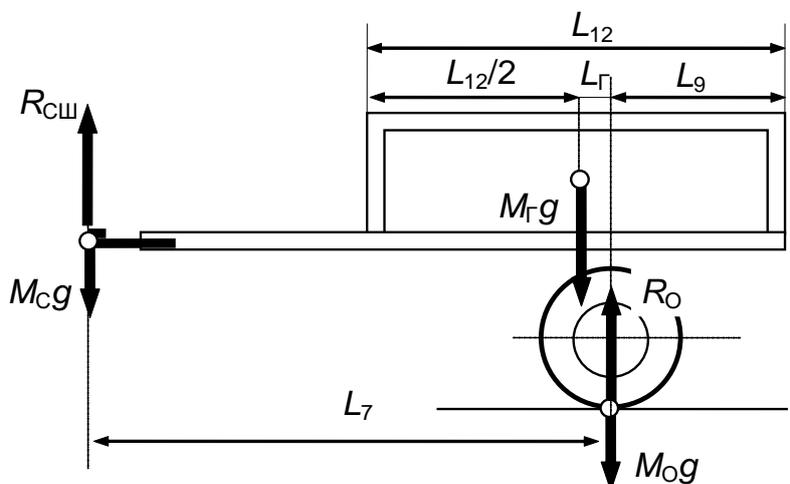


Рис. 1.5. Схема сил, действующих на неподвижный груженный прицеп: $R_{сш}$ и $R_{о}$ – реакции соответственно сцепного шара автомобиля-тягача и опорной поверхности от прицепа полной массы

1.5.3. Высота центра масс прицепа

Высоту центра масс прицепа вычисляют по результатам взвешивания прицепа в нормальном (горизонтальном) положении и в наклонном положении, когда замковое устройство располагается на опорной поверхности (вывод расчетных уравнений см. [приложение Б](#) к Практикуму). С целью упрощения измерений, производят взвешивание прицепа снаряженной массы.

Результатом взвешивания являются массы, приходящиеся на замковое устройство тягово-сцепного устройства прицепа снаряженной массы (см. табл. 1.1):

- $M_{с}$ прицепа в горизонтальном положении, кг;
- $M_{н}$ прицепа в наклонном положении (замковое устройство на уровне поверхности дороги), кг.

Уравнения расчета высоты центра масс $h_{цм}$ прицепа в снаряженном состоянии:

$$h_{цм} = R + \frac{L_7}{M} \left[M_{с} \operatorname{tg} \lambda + (M_{н} - M_{с}) \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \lambda}{\operatorname{tg} \lambda + \operatorname{tg} \beta} \right]; \quad (1.4)$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{h}{L_7}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{\sqrt{\frac{h^2 + L_7^2}{R^2} - 1}}, \quad (1.5)$$

где R – статический радиус колеса, мм;

h – расстояние по вертикали от центральной линии колес до центра сферы замкового устройства, мм;

λ и β – проекции углов, образуемых конструкцией прицепа, на продольную вертикальную плоскость (см. рис. Б1).

Высоту $H_{\text{ЦМ}}$ центра масс прицепа максимальной (полной) массы вычисляют по уравнению:

$$H_{\text{ЦМ}} = \frac{h_{\text{ЦМ}}M + h_{\Gamma}M_{\Gamma}}{M + M_{\Gamma}}, \quad (1.6)$$

где h_{Γ} – высота центра масс груза относительно поверхности дороги, определяемая по размерам прицепа из условия размещения однородного груза в платформе на высоту бортов, мм.

1.5.4. Угол статической устойчивости

Угол статической устойчивости $\alpha_{\text{СУ}}$ приближенно подсчитывают по величине коэффициента поперечной устойчивости q_s :

$$\alpha_{\text{СУ}} = 0,85 \arctg q_s. \quad (1.7)$$

где 0,85 – коэффициент, учитывающий поперечный крен поддресоренных масс транспортного средства вследствие упругости подвески.

Расчетное уравнение коэффициента поперечной устойчивости q_s (1.2), которое устанавливает ТР ТС 018/2011 (см. пункт 1.4.4 Практикума), справедливо для четырехопорной конструкции, какой, например, является автомобиль. Опрокидывание автомобиля происходит относительно опорной поверхности, на которой он расположен. Прицеп с центральной осью является трехопорной конструкцией, и его опрокидывание происходит относительно плоскости ABC (рис. 1.6, вид сверху), проходящей через:

- центр сферы замкового устройства (точка A);
- центры контактов колес с опорной поверхностью (точки B и C).

В этом случае для определения коэффициента поперечной устойчивости q_s высота центра масс прицепа $H_{\text{ЦМ}}$ должна быть уменьшена на величину $\Delta H_{\text{ЦМ}}$, ("приведенная высота центра масс", см. рис. 1.6) т.е.

$$q_s = \frac{b}{2(H_{\text{ЦМ}} - \Delta H_{\text{ЦМ}})}. \quad (1.8)$$

Требуемые для определения коэффициента поперечной устойчивости q_s значения приведенной колеи b (см. пункт 1.4.4 Практикума) и величины $\Delta H_{\text{Ц}}$ находят, используя свойства подобных треугольников:

- для определения b – треугольников ABC и $AB'C'$ (см. рис. 1.6, вид сверху);

- для определения $\Delta H_{\text{ЦМ}}$ – треугольников ABD и $AB'D'$ (см. рис. 1.6, вид сбоку).

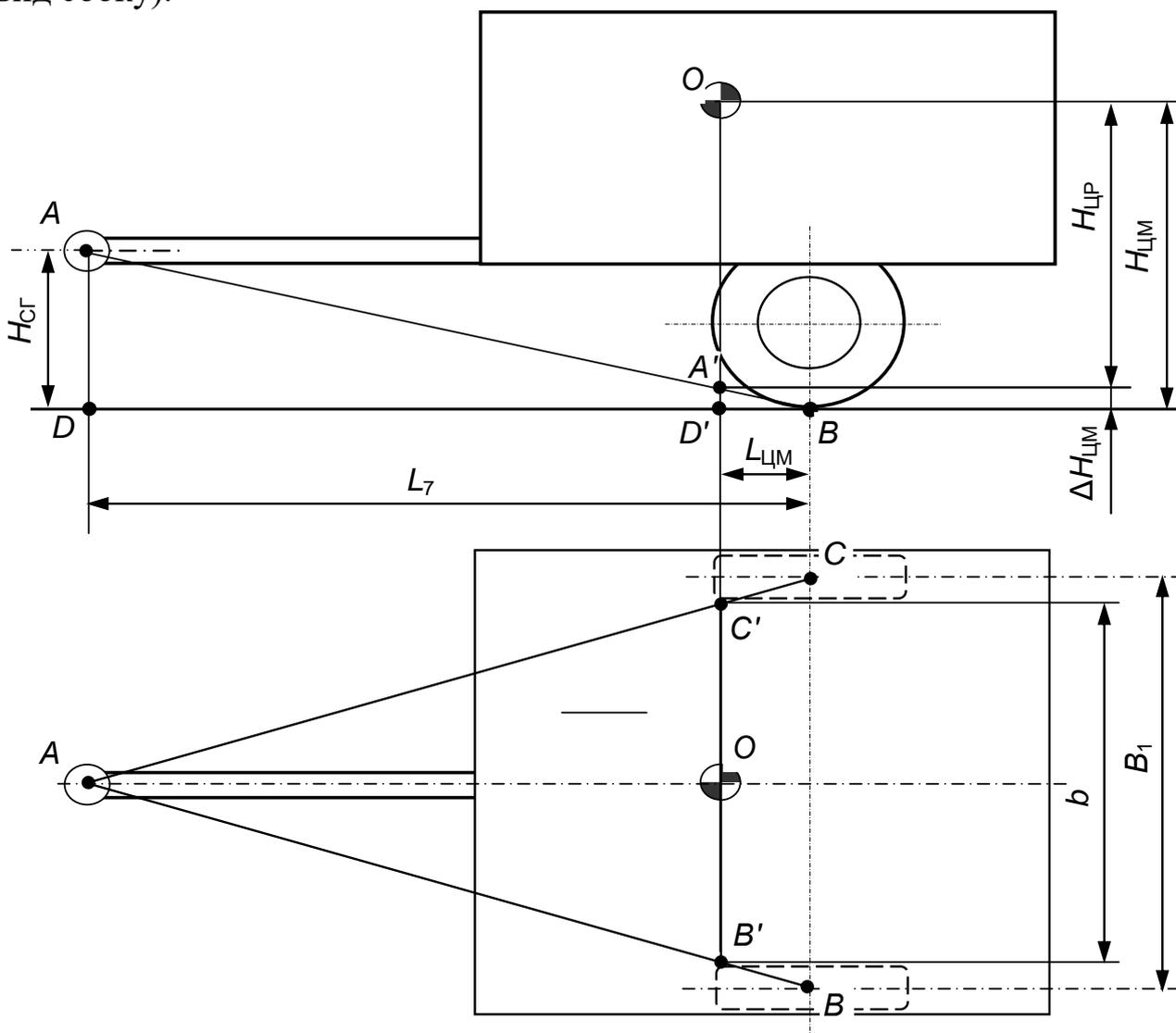


Рис. 1.6. Схема прицепа к определению показателей статической устойчивости

Для выполнения этих расчетов необходимо знать величину $L_{\text{ЦМ}}$ (см. рис. 1.6), которую находят по известному уравнению абсциссы центра масс транспортного средства

$$L_{\text{ЦМ}} = L_7 \frac{M_{\text{СГ}}}{M + M_{\Gamma}}. \quad (1.9)$$

1.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение терминов, приведенных в разделе "ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ" Практикума.
2. Описание объекта экспертизы.
3. Условия испытаний прицепа с целью определения исходных данных для расчета его показателей масс и размеров.
4. Определение категорий транспортных средств.
5. Требования к конструкции узлов и агрегатов транспортных средств категорий O_1 и O_2 (кроме показателей массы и размеров).
6. Нормативные ограничения показателей массы транспортного средства категории O_1 и O_2 и причины этих ограничений.
7. Нормативные ограничения размеров транспортных средств категории O_1 и O_2 .
8. Определение значения угла статической устойчивости транспортного средства.
9. Особенности определения угла статической устойчивости одноосного прицепа (трехопорной конструкции).
10. Вывод уравнения (1.1) массы $M_{сг}$, приходящейся на сцепной шар автомобиля-тягача.
11. Вывод уравнения (1.10) высоты $h_{цм}$ центра масс снаряженного прицепа (см. [приложение Б](#)).
12. Вывод уравнения (1.11) определения $tg\alpha$ и $tg\beta$ (см. [приложение Б](#)).
13. Обозначение шин для транспортных средств категорий M_1 , N_1 , O_1 и O_2 .

Лабораторная работа 2

Техническая экспертиза БОРТОВОЙ АВТОМОБИЛЬ СО СЪЕМНОЙ ЦИСТЕРНОЙ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ МАЗУТА

2.1. ВВЕДЕНИЕ

Значительная часть перевозок топлива котельного (мазута) носит сезонный характер на период отопительного сезона. Получила распространение практика перевозки мазута в съемных цистернах, которые устанавливаются в бортовые платформы транспортных средств категорий N₂, N₃, O₃ и O₄. По окончании отопительного сезона цистерны демонтируют, и транспортные средства эксплуатируют по их основному назначению.

Объект технической экспертизы – транспортное средство категории N с бортовой платформой (базовое транспортное средство), в которую установлена съемная цистерна для перевозки топлива котельного (мазута). Транспортное средство со съемной цистерной называют автоцистерной. Цистерна установлена на ложементы, которые через платформу закреплены к лонжеронам рамы транспортного средства. Корпус цистерны эллиптического сечения с плоскими днищами. В заднее днище врезан патрубок с задвижкой для слива мазута из цистерны. Для удобства выполнения сливных операций задний борт бортовой платформы демонтирован, цистерна размещена в платформе с максимальным смещением назад (насколько позволяет грузочная длина платформы).

Часто на момент установки съемной цистерны в бортовую платформу транспортного средства точные значения ее массы и емкости неизвестны. Эти показатели должны быть определены и сопоставлены с нормативами в результате технической экспертизы.

Цель технической экспертизы:

1) проверка соответствия автоцистерны требованиям технического регламента ТР ТС 018/2011 [2] в отношении:

- показателей массы транспортного средства;
- поперечной статической устойчивости;

2) проверка конструкции автоцистерны в соответствии с требованиями ДОПОГ [15].

2.2. ЗАДАНИЯ

В лабораторной работе исходные данные для технической экспертизы принимаются:

- 1) по варианту задания в соответствии с табл. 2.1;

Варианты заданий для выполнения работы

Вариант	Автомобиль	Центр масс водителя, мм		Цистерна: размеры, мм		
		абсцисса L_B	высота H_B	длина L	ширина $B_{Ц}$	высота $H_{Ц}$
1	ГАЗ-3307	1100	1218	2500	1700	1200
2	ГАЗ-3307	1100	1218	2600	1700	1200
3	ГАЗ-53-12	1100	1218	2900	1810	1000
4	ГАЗ-53-12	1100	1218	3000	1720	1000
5	ЗИЛ-133ГЯ	1300	1300	5270	2100	1080
6	ЗИЛ-133ГЯ	1300	1300	4500	2100	1080
7	ЗИЛ-431410	1000	1270	3600	1720	1080
8	ЗИЛ-431410	1000	1270	3540	1800	1100
9	ЗИЛ-431510	1000	1270	3850	1720	1080
10	ЗИЛ-431510	1000	1270	3800	1700	1100
11	ЗИЛ-433100	1200	1320	3900	1720	1060
12	ЗИЛ-433100	1200	1320	3760	1720	1080
13	КамАЗ-43101	-300	1930	3830	1720	1080
14	КамАЗ-43101	-300	1930	3900	1700	1080
15	КамАЗ-43105	-200	1930	4600	1660	1100
16	КамАЗ-43105	-200	1930	4760	1600	1100
17	КамАЗ-5315	-100	1690	4800	1750	1120
18	КамАЗ-5315	-100	1690	4700	1800	1128
19	КамАЗ-5320	-100	1690	4900	1700	1120
20	КамАЗ-5320	-100	1690	4800	1700	1110
21	КамАЗ-5325	-100	1700	4970	2170	1222
22	КамАЗ-5325	-100	1700	4800	2172	1222
23	КрАЗ-255Б1	1700	1760	4400	1900	1128
24	КрАЗ-255Б1	1700	1760	4350	1800	1200
25	КрАЗ-260	1280	1800	4900	2000	1128
26	КрАЗ-260	1280	1800	4800	2050	1128
27	МАЗ-53371	-200	1610	3900	2170	1220
28	МАЗ-53371	-200	1610	3830	2170	1220
29	Урал-43202-01	1200	1400	3500	1800	1200
30	Урал-43202-01	1200	1400	3400	2000	1200

2) по характеристикам модели автомобиля (см. табл. 2.1), приведенным в "Кратком автомобильном справочнике" [16].

Исходные данные, которые следует принять по "Краткому автомобильному справочнику", указаны в разделе "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ" бланка заключения технической экспертизы ([приложение А](#)).

Кроме того, в расчет следует принять данные, указанные в табл. 2.2.

Параметры цистерны и константы, необходимые для выполнения расчетов

Параметр	Значение
Форма поперечного сечения цистерны	Эллиптическая
Материал цистерны	Сталь Ст.3сп
Плотность стали ρ , кг/м ³	7800
Толщина обечайки и днищ, мм	3
Высота горловины цистерны над обечайкой, мм	400
Высота ложементов, на которые установлена цистерна, мм	120
Высота проблескового маячка с кронштейном, мм	300
Расстояние от наружной поверхности заднего днища цистерны до кромки платформы, мм	0
Выступание сливного патрубка цистерны с задвижкой за задний габарит платформы, мм	400
Расстояние от задней кромки защитного бампера цистерны до технологической арматуры (требование ДОПОГ)	Минимальное допустимое

2.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.3.1. Этап I. Показатели массы и размеры автоцистерны

1. Ознакомление с требованиями нормативных документов, на которые сделаны ссылки в методических указаниях к работе.

2. Расчетное определение показателей массы автоцистерны в следующей последовательности:

а) вместимость V (2.3) цистерны, а также ее собственную $M_{Ц}$ (2.4) и (2.5) и максимальную (полную) $M_{ЦГ}$ (2.6) массы;

б) снаряженная масса автоцистерны M (2.8) и ее распределение по осям M_1 и M_2 (2.9) (абсциссу центра масс цистерны $L_{Ц}$ определить самостоятельно по размерам базового автомобиля в соответствии с рис. 2.5);

в) полную (максимальную) массу автоцистерны M_A (2.10) и ее распределение по осям M_{A1} и M_{A2} (2.11);

г) минимально допустимую массу автоцистерны максимальной массы, приходящуюся на управляемую ось.

3. Расчет габаритных длины и высоты автоцистерны выполните самостоятельно по размерам базового автомобиля, цистерны, элементов ее конструкции и деталей крепления цистерны, а также с учетом установки защитного бампера цистерны.

4. Рассчитанные показатели масс и размеры автоцистерны занесите в столбец "Значение фактическое" раздела "РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ" бланка заключения. Фактические (расчетные) значения характеристик транспортного средства следует

указать с точностью, принятой в автомобильной промышленности (см. "Краткий автомобильный справочник" [16]), чрезмерная точность не допускается. Заполните соответствующие графы столбца "Значение нормативное" бланка заключения. Если для показателя не установлено нормативное значение, в соответствующих графах столбца "нормативное" поставьте прочерки.

5. Сопоставьте нормируемые показатели масс и размеры автоцистерны с их нормативными значениями. Сделайте вывод о соответствии (несоответствии) автоцистерны установленным требованиям. Укажите конкретный показатель (показатели) значение которого выше или ниже нормы.

2.3.2. Этап II. Поперечная статическая устойчивость автоцистерны

6. Расчет угла статической устойчивости $\alpha_{су}$ по уравнениям (2.12) и (2.13) (необходимые для расчета значения средней колеи колес $B_{ср}$ и высоты $h_{ц}$ центра массы цистерны с грузом определите самостоятельно).

7. Расчет нормативного значения угла статической устойчивости $\alpha_{н}$ (2.1).

8. Заполните оставшуюся часть раздела "РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ" бланка заключения.

2.3.3. Этап III. Разработка рекомендаций

9. Если полные осевые массы автоцистерны превышают значения, установленные технической характеристикой базового автомобиля:

а) определите рекомендуемое значение L_p (2.15) абсциссы центра масс цистерны по условию рационального распределения полной (максимальной) массы автоцистерны по осям и с учетом осуществимости рационального размещения цистерны в пределах загрузочной длины платформы L_{12} .

б) определите расстояние, на которое необходимо сдвинуть цистерну вперед, чтобы обеспечить рекомендуемое значение ее абсциссы центра масс L_p (2.15); это расстояние отмеряется от заднего борта автомобиля до задней стенки цистерны и обозначено $L_{ЗБ}$;

в) подсчитайте рекомендуемое распределение по осям при рациональном размещении цистерны в бортовой платформе с абсциссой L_p (2.15):

- снаряженной массы автоцистерны M_{1P} и M_{2P} (2.9);

- полной (максимальной) массы автоцистерны M_{A1P} и M_{A2P} (2.11).

10. Заключение дополните рекомендацией по изменению размещения цистерны в платформе с целью приведения осевых масс автоцистерны в допустимые пределы.

2.4. ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ

2.4.1. Показатели массы транспортного средства

ТР ТС 018/2011 [2] (пункт 1.1 таблицы приложения № 8) предписывает: *"максимальная масса и ее распределение по осям [т.е. максимальные осевые массы] и бортам, а также изменение координат центра масс не должны превышать пределов, установленных изготовителем транспортного средства"*.

"Нагрузка, приходящаяся на ведущую или ведущие оси транспортного средства категории N (одиночного и в составе автопоезда), загруженного до технически допустимой максимальной массы, не должна превышать технически допустимую максимальную нагрузку на эту ось (эти оси)".

"В случае, когда транспортное средство категории N нагружено до технически допустимой максимальной массы, то при технически допустимой максимальной нагрузке на его заднюю ось (группу осей), масса, приходящаяся на управляемую ось или оси, должна быть не менее 20% от технически допустимой максимальной массы этого транспортного средства".

2.4.2. Габаритные размеры транспортного средства

Требования ТР ТС 018/2011 [2] (пункт 1.1 приложения № 5):

"- максимальная длина не должна превышать: одиночного транспортного средства категорий M₁, N и O (прицеп) – 12 м;

- максимальная высота транспортного средства категорий M, N, O не должна превышать 4 м".

2.4.3. Угол статической устойчивости

В соответствии с пунктом 4.2 приложения № 3 к ТР ТС 018/2011 [2] (пункт 4.3.1 приложения № 3) *"под углом статической устойчивости $\alpha_{су}$ понимается угол наклона опорной поверхности α опрокидывающей платформы относительно горизонтальной плоскости, при котором произошел отрыв всех колес одной стороны одиночного транспортного средства или всех колес одной стороны одного из звеньев седельного автопоезда от опорной поверхности платформы. Величина угла $\alpha_{су}$... должна быть не менее нормативного значения α_H (градус), зависящего от коэффициента q_S поперечной устойчивости транспортного средства (см. пункт 2.5.2 Практикума) и определяемого по следующим формулам:*

$$\alpha_H = \begin{cases} 21; & (q_S < 0,55); \\ 42,4q_S - 2,4; & (0,55 \leq q_S \leq 1,0); \\ 15 + 25q_S; & (q_S > 1,0). \end{cases} \quad (2.1)$$

Коэффициент поперечной устойчивости q_s , определяют по формуле:

$$q_s = \frac{B_{\text{CP}}}{2H_{\text{ЦМ}}}, \quad (2.2)$$

где B_{CP} – средняя колея колес транспортного средства, мм (см. пункт 2.5.2 Практикума);

$H_{\text{ЦМ}}$ – *высота центра масс транспортного средства максимальной массы над опорной поверхностью, мм*".

2.4.4. Перевозка опасных грузов

Топливо котельное (мазут) является опасным грузом, требования к перевозке которого, в том числе требования к конструкции транспортного средства, устанавливает ДОПОГ [15].

ДОПОГ относит топливо котельное (мазут) к опасным грузам класса 9 "Прочие опасные грузы". Каждому опасному грузу ООН присваивает номер и отгрузочное наименование. Соответственно для мазута – это № ООН 3082, "ВЕЩЕСТВО ЖИДКОЕ ОПАСНОЕ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (топливо котельное (мазут))". Опасному грузу № ООН 3082 назначена группа упаковки III, что означает низкую степень опасности.

Для целей установления дополнительных требований к конструкции, ДОПОГ [15] устанавливает обозначения транспортных средств, предназначенных для перевозки опасных грузов в цистернах:

1) транспортное средство FL – транспортное средство, предназначенное для перевозки в цистернах:

- легковоспламеняющихся жидкостей, например, бензин, дизельное топливо, спирт этиловый и т.п.;

- легковоспламеняющихся газов, например, пропан, бутан и т.п.;

2) транспортное средство AT – транспортное средство, предназначенное для перевозки в цистернах жидких, газообразных и твердых (гранулированных или порошкообразных) опасных грузов, кроме легковоспламеняющихся жидкостей и легковоспламеняющихся газов.

Для перевозки мазута транспортное средство должно отвечать требованиям, предъявляемым ДОПОГ [15] к конструкции транспортных средств AT.

В соответствии с ДОПОГ [15] "на транспортных единицах, перевозящих опасные грузы, запрещается транспортировать людей, кроме членов экипажа транспортного средства".

2.4.5. Дополнительные требования к конструкции транспортных средств АТ

Антиблокировочная тормозная система

В соответствии с ДОПОГ [15] транспортные средства FL и АТ должны быть оборудованы антиблокировочной тормозной системой. Это требование *"применимо к автомобилям:*

- максимальной (полной) массой более 16 т;
- допущенным к буксировке прицепов максимальной (полной) массой более 10 т".

Устройство ограничения скорости

В соответствии с ДОПОГ [15] *"автомобили... максимальной массой более 3,5 т должны быть оборудованы устройством ограничения скорости или функцией ограничения скорости в соответствии с техническими требованиями Правил ООН № 89 [5]. Данное устройство или функция ограничения скорости должны быть отрегулированы так, чтобы скорость не могла превысить 90 км/ч".* Это требование *"применимо к автомобилям максимальной массой:*

- более 12 т, впервые зарегистрированным после 31 декабря 1987 г.;
- более 3,5 т, но не более 12 т, впервые зарегистрированным после 31 декабря 2007 г."

Правила ООН № 89 [5] устанавливают следующие требования к устройству ограничения скорости:

"- функция ограничения скорости и соединения, необходимые для ее обеспечения... должны быть защищены от любых несанкционированных регулировок или от прекращения подачи энергии посредством установки опломбированных устройств и/или необходимостью использования специальных инструментов;

- функция ограничения скорости не должна приводить в действие использующуюся на транспортном средстве тормозную систему. Постоянный тормоз (например, замедлитель) может задействоваться только в том случае, если он начинает срабатывать после того, как функция ограничения скорости сократила подачу топлива до минимального топливного уровня;

- функция ограничения скорости должна быть такой, чтобы она не влияла на скорость движения транспортного средства при нажатии на педаль акселератора в тот момент, когда это транспортное средство движется с установленной максимальной скоростью".

Защита автоцистерн с задней стороны

В соответствии с ДОПОГ [15] *"транспортное средство должно быть оснащено с задней стороны по всей ширине цистерны бампером, в достаточной степени предохраняющим от ударов сзади. Расстояние*

между задней стенкой цистерны и задней частью бампера должно составлять не менее 100 мм (это расстояние отмеряется от крайней задней точки стенки цистерны или от выступающей арматуры, соприкасающейся с перевозимым веществом)".

2.4.6. Маркировка автоцистерн

ДОПОГ [15] устанавливает три элемента маркировки автоцистерн, осуществляющих перевозки опасных грузов:

- 1) большие знаки опасности;
- 2) таблички оранжевого цвета;
- 3) маркировочные знаки.

Большой знак опасности

В соответствии с ДОПОГ [15] большой знак опасности, предписанный для опасных грузов класса 9 (рис. 2.1), имеющий форму ромба, сторона которого должна быть не менее 250 мм, наносят на каждой боковой стороне и сзади транспортного средства.

Табличка оранжевого цвета

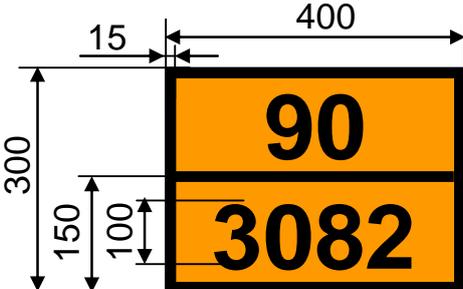
Табличка оранжевого цвета (рис. 2.2) должна отвечать следующим требованиям:

- иметь светоотражающую поверхность;
- иметь размеры, указанные на рис. 2.2;
- в верхней части таблички указывают идентификационный номер опасности ("90" – опасное для окружающей среды вещество);
- в нижней части таблички указывают № ООН опасного груза – "3082";
- идентификационный номер опасности и № ООН должны быть нестираемыми и оставаться разборчивыми после пребывания в огне в течение 15 минут.

Автоцистерна (автопоезд-цистерна) должна иметь две ТОЦ: одну спереди, а другую – сзади транспортного средства (автопоезда) перпендикулярно продольной оси транспортного средства.

Маркировочный знак

Маркировочный знак вещества, опасного для окружающей среды (рис. 2.3), должен отвечать требованиям в отношении размера и нанесения на ТС, установленным для больших знаков опасности.

		
<p>Рис. 2.1. Большой знак опасности опасного груза класса 9</p>	<p>Рис. 2.2. Размеры и содержание ТОЦ</p>	<p>Рис. 2.3. Маркировочный знак вещества, опасного для окружающей среды</p>

Перевозка пассажиров

"На транспортных единицах, перевозящих опасные грузы, запрещается транспортировать людей, кроме членов экипажа транспортного средства".

2.5. РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

2.5.1. Этап I. Показатели массы и размеры автоцистерны

Параметры цистерны

Вместимость V (л) цистерны подсчитывается по ее внутренней (загрузочной) длине $L_{12Ц}$ (мм) и внутренней площади днища $F_{д}$ (мм²), при этом емкость горловины цистерны не учитывается:

$$V = 10^{-6} L_{12Ц} F_{д}; \quad F_{д} = \frac{\pi}{4} (B_{Ц} - 2S) (H_{Ц} - 2S), \quad (2.3)$$

где $L_{12Ц}$ – загрузочная (внутренняя) длина цистерны, мм;

$F_{д}$ – внутренняя площадь днища, мм²;

$B_{Ц}$ – ширина цистерны, мм;

S – толщина стенок и днищ цистерны, мм (см. табл. 2.2);

$H_{Ц}$ – высота цистерны, мм.

Собственная масса $M_{Ц}$ (кг) цистерны подсчитывается по:

- по площади внутренней поверхности обечайки цистерны $F_{О}$ (мм²) и суммарной площади днищ цистерны $F_{д}$ (мм²);

- толщине S обечайки и днищ, мм;

- плотности материала ρ , из которого изготовлена цистерна:

$$M_{Ц} = 1,2 \times 10^{-9} \rho S (F_{О} + 2F_{д}), \quad (2.4)$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий массу горловины, крепежных деталей и технологического оборудования цистерны.

Обечайкой называют цилиндрическую оболочку замкнутого профиля, открытую с торцов. Площадь внутренней поверхности обечайки $F_{О}$ подсчитывается исходя из того, что обечайку изготавливают из

листовой стали, размер заготовки $L_{12Ц} \times L_0$, где L_0 – длина дуги поперечного сечения обечайки (цистерны). Для цистерн эллиптического сечения длина дуги эллипса L_0 подсчитывается по уравнению:

$$L_0 = \frac{\pi}{2} \left[\frac{3}{2} (B_{Ц} + H_{Ц} - 4S) - \sqrt{(B_{Ц} - 2S)(H_{Ц} - 2S)} \right]. \quad (2.5)$$

Масса $M_{ЦГ}$ (кг) цистерны, заполненной мазутом, по вместимости цистерны V и плотности мазута, которую следует принять равной 1 г/см^3 :

$$M_{ЦГ} = M_{Ц} + 1 \times V. \quad (2.6)$$

Масса $M_{ЦГ}$ цистерны с грузом не должна превышать грузоподъемность $M_{Г}$ базового автомобиля. Однако в случае перевозки опасных грузов она может быть увеличена на массу пассажиров из расчета, что масса одного пассажира (так же, как и масса водителя) составляет 75 кг :

$$M_{ЦГ} \leq M_{Г} + 75n_{П}, \quad (2.7)$$

где $n_{П}$ – число пассажирских мест автомобиля.

Показатели массы автоцистерны

Снаряженную массу M (кг) автоцистерны находят по снаряженной массе $M_{Б}$ базового автомобиля и собственной массе цистерны $M_{Ц}$ без груза:

$$M = M_{Б} + M_{Ц}. \quad (2.8)$$

Для расчета распределения массы автоцистерны по осям необходимо определить расчетную базу автоцистерны L_1 (мм) в соответствии с рис. 2.4.

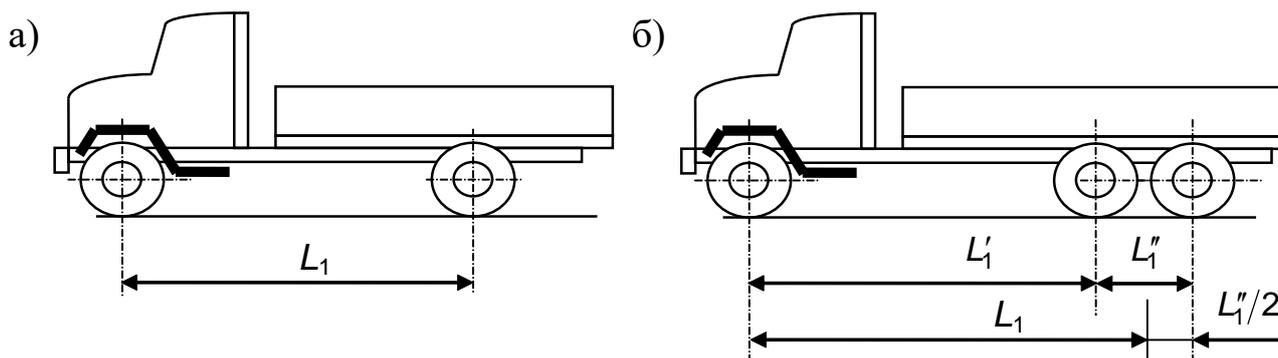


Рис. 2.4. Расчетная база L_1 двухосного (а) и трехосного автомобилей (б)

Уравнение расчета осевых масс M_1 и M_2 автоцистерны в снаряженном состоянии без водителя выводится из баланса сил (рис. 2.5), действующих на неподвижную порожнюю автоцистерну:

$$M_1 = M_{Б1} + \frac{M_{Ц}L_{Ц}}{L_1}; \quad M_2 = M - M_1, \quad (2.9)$$

где $M_{Б1}$ – осевая масса передней оси базового автомобиля снаряженной массы, кг;

$L_{Ц}$ – абсцисса центра масс цистерны относительно центральной линии задней оси (тележки) автомобиля (подсчитывается по размерам цистерны и базового автомобиля), мм. $L_{Ц} > 0$, если расположена в базе L_1 автомобиля.

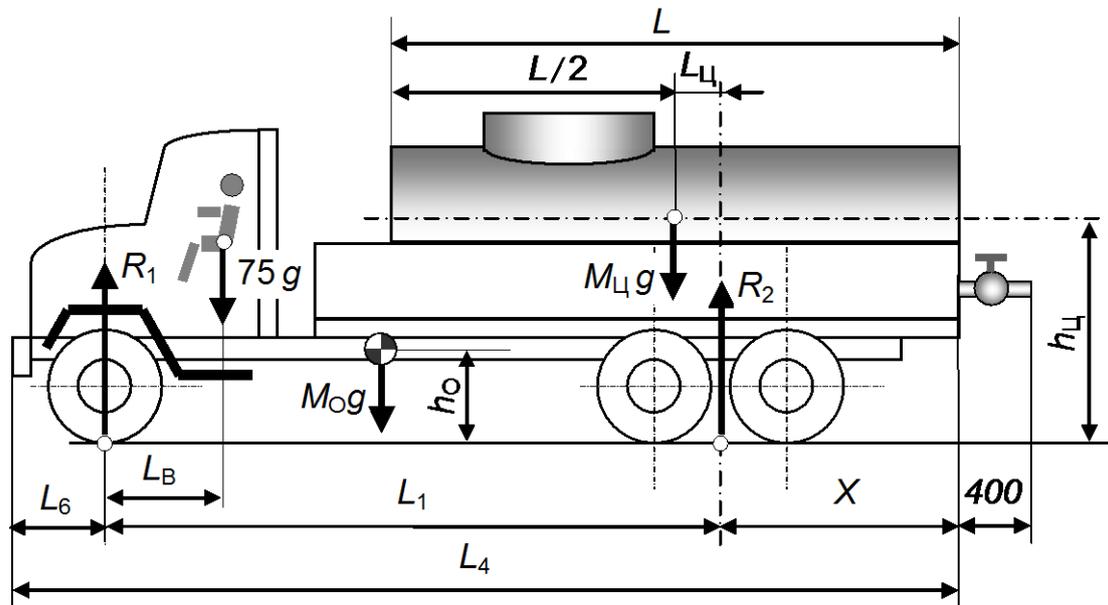


Рис. 2.5. Схема сил,

действующих на неподвижную автоцистерну в снаряженном состоянии:

$R_1 = M_{Б1} g$ и $R_2 = M_{Б2} g$ – реакции опорной поверхности соответственно от передней оси и от тележки базового автомобиля

Абсцисса $L_{Ц}$ центра масс цистерны подсчитывается по размерам базового автомобиля, в грузовую платформу которого установлена цистерна. С небольшой погрешностью можно принять, что центр масс цистерны соответствует геометрическому центру обечайки цистерны.

Максимальную (полную) массу M_A автоцистерны подсчитывают по снаряженной массе M_B базового автомобиля и массе $M_{Цг}$ цистерны с грузом с учетом массы водителя (75 кг):

$$M_A = 75 + M_B + M_{Цг}. \quad (2.10)$$

Распределение максимально (полной) массы M_{A1} и M_{A2} по осям автоцистерны подсчитывается по уравнениям, аналогичным уравнениям (2.8), где вместо собственной массы цистерны $M_{Ц}$ подставляется масса $M_{Цг}$ цистерны с грузом и учитывается масса водителя (75 кг):

$$M_{A1} = M_{Б1} + \frac{1}{L_1} [M_{Цг}L_{Ц} + 75(L_1 - L_B)]; \quad M_{A2} = M_A - M_{A1}. \quad (2.11)$$

где L_B – абсцисса центра массы водителя относительно центральной линии передних колес автоцистерны, мм. Абсцисса $L_B > 0$, если расположена в базе L_1 автоцистерны (см. рис. 2.5).

Размеры автоцистерны

Габаритные размеры автоцистерны отличаются от габаритных размеров базового автомобиля:

1) габаритная высота определяется высотой базового автомобиля (без учета высоты тента) или по горловине цистерны в зависимости от того, что оказывается выше;

2) габаритная длина увеличивается вследствие врезки в заднее днище цистерны патрубка с задвижкой для слива мазута и установки защитного бампера цистерны.

2.5.2. Этап II. Поперечная статическая устойчивость автоцистерны

Приближенно значение угла статической устойчивости α_{CY} (см. пункт 2.4.3) подсчитывается по значению коэффициента поперечной устойчивости q_S :

$$\alpha_{CY} = 0,85 \arctg q_S; \quad q_S = \frac{B_{CP}}{2H_{ЦМ}}, \quad (2.12)$$

где 0,85 – коэффициент, учитывающий поперечный крен подрессоренных масс транспортного средства вследствие упругости подвески;

B_{CP} – средняя колея колес – среднее арифметическое между колеями передних колес и серединами наружных колес заднего моста (тележки);

$H_{ЦМ}$ – центр масс автоцистерны полной массы.

В технической характеристике базового транспортного средства колея заднего моста (тележки) со сдвоенными колесами может указываться двумя способами:

1) отдельно для внутренних и наружных колес;

2) как среднее между колеями внутренних и наружных колес.

Во втором случае колею наружных колес следует подсчитать по расстоянию b_2 между осями сдвоенных колес, которое устанавливает ГОСТ 10409 [8] в зависимости от номинальной ширины обода и обозначения монтируемых шин.

Высота $H_{ЦМ}$ центра масс автоцистерны максимальной массы подсчитывается по массе M_B базового автомобиля в снаряженном состоянии, массе $M_{ЦГ}$ цистерны, заполненной мазутом, и по высоте их центров масс (см. рис. 2.5):

$$H_{\text{ЦМ}} = \frac{1}{M_A} (h_B M_B + h_{\text{Ц}} M_{\text{ЦГ}} + 75 H_B), \quad (2.13)$$

где h_B – высота центра масс базового транспортного средства в снаряженном состоянии;

$h_{\text{Ц}}$ – высота центра масс цистерны, заполненной мазутом, относительно поверхности дороги;

H_B – высота центра масс водителя.

Высота $h_{\text{Ц}}$ центра масс цистерны относительно поверхности дороги определяется из условия, что центр масс цистерны совпадает с геометрическим центром ее обечайки.

2.5.3. Этап III. Разработка рекомендаций

Возможно, что одна из осевых масс автоцистерны максимальной массы превышает, а другая меньше пределов, установленных технической характеристикой базового автомобиля, но грузоподъемность базового транспортного средства, ограничиваемая неравенством (2.7), не нарушается. В этом случае следует определить абсциссу центра масс цистерны $L_{\text{Ц}}$, при которой осевые массы M_{A1} или M_{A2} автоцистерны не будут превышать соответственно значения M_1 или M_2 , установленные технической характеристикой базового транспортного средства.

Рациональным является значение L_P , при котором отношение осевых масс автоцистерны M_{A1}/M_{A2} совпадает с соотношением осевых масс базового автомобиля максимальной массы M_{AB1}/M_{AB2} , т.е.: $\frac{M_{A1}}{M_{A2}} = \frac{M_{AB1}}{M_{AB2}}$.

Обозначим:

$$M_{AB1}/M_{AB2} = K. \quad (2.14)$$

Это равенство с учетом уравнения (2.11), разрешенного относительно абсциссы $L_{\text{Ц}}$, дает уравнение рекомендуемого значения абсциссы L_P центра масс цистерны, которое определяет расположение цистерны по длине платформы, обеспечивающее рациональное распределение массы автоцистерны по осям:

$$L_P = \frac{75L_B(1+K) - L_1(75 + M_{B1}) + KL_1(M_{B2} + M_{\text{ЦГ}})}{M_{\text{ЦГ}}(1+K)}; \quad (L_P - L_{\text{Ц}} < L_{12} - L), \quad (2.15)$$

где L_{12} – загрузочная (внутренняя) длина платформы, мм;

L – длина цистерны, мм.

Иногда условие рационального размещения цистерны в платформе транспортного средства, записанное неравенством (2.15), не выполняется. Это означает, что свободного пространства платформы ΔL_{12} недостаточно, и смещение цистерны в платформе вперед на столько, чтобы абсцисса

центра масс цистерны приняла значение L_P (2.15), неосуществимо (рис. 2.6).

В этом случае рекомендуемое значение абсциссы L_P следует определять из условия размещения цистерны вплотную к переднему борту платформы (см. рис. 2.6):

$$L_P = L_{Ц} + \Delta L_{12}. \quad (2.16)$$

Рекомендуемое значение L_P используется для определения расстояния $L_{ЗБ}$ (расстояние от заднего борта платформы до заднего днища цистерны), на которое необходимо переместить цистерну в платформе автомобиля вперед (см. рис. 2.6):

$$L_{ЗБ} = L_P - L_{Ц}. \quad (2.17)$$

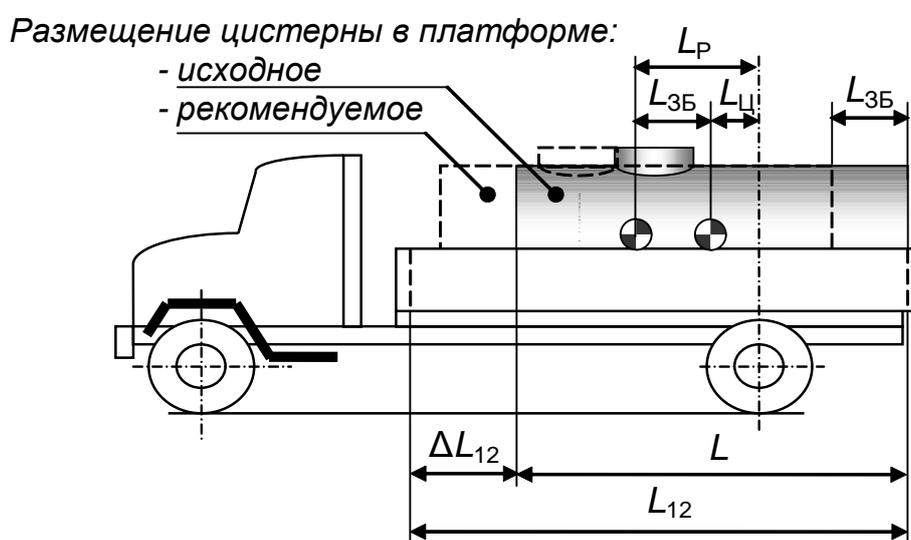


Рис. 2.6. Исходное и рекомендуемое размещения цистерны в платформе транспортного средства

Рациональное размещение цистерны в бортовой платформе транспортного средства меняет распределение массы автоцистерны по осям. Осевые массы автоцистерны в снаряженном состоянии и максимальной (полной) массы подсчитывают по уравнениям (2.9) и (2.11) соответственно, в которых вместо абсциссы центра масс цистерны $L_{Ц}$ следует подставить рекомендуемое значение L_P .

2.6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение терминов, приведенных в разделе "ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ" Практикума.
2. Описание внесения изменений в конструкцию транспортного средства, связанных с установкой съемной цистерны в бортовую платформу транспортного средства.

3. Классификация топлива котельного (мазут) в соответствии с ДОПОГ [15].

4. Требования ТР ТС 018/2011 [2] к показателям массы и габаритным размерам транспортного средства.

5. Требования ТР ТС 018/2011 [2] к поперечной статической устойчивости ТС.

6. Определение транспортных средств FL и AT.

7. Требования ДОПОГ [15] к конструкции транспортного средства AT и маркировке автоцистерн.

8. Расчет вместимости и собственной массы цистерны с поперечным сечением эллиптической формы.

9. Определение абсциссы центра масс съемной цистерны, установленной в бортовую платформу транспортного средства.

10. Вывод уравнений распределения полной массы автоцистерны по осям.

11. Учет массы пассажиров в расчете полных осевых масс автоцистерны.

12. С какой целью составлены рекомендации по размещению съемной цистерны по длине бортовой платформы транспортного средства?

13. По какой причине увеличилась габаритная длина транспортного средства?

14. Обозначение шин для транспортных средств категории N.

15. Расчет угла статической устойчивости.

16. В чем заключается и как обеспечивается рациональное размещение цистерны в бортовой платформе транспортного средства.

17. Вывод уравнения (2.15) рекомендуемого значения абсциссы центра масс L_p .

Лабораторная работа 3
Техническая экспертиза
ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО КАТЕГОРИИ N
С НЕШТАТНЫМ СИЛОВЫМ АГРЕГАТОМ

3.1. ВВЕДЕНИЕ

Собственники грузовых автомобилей нередко устанавливают на них нештатные силовые агрегаты, включающие в себя двигатель, сцепление и коробку передач. После такого внесения изменений в конструкцию тягово-скоростные свойства автомобиля должны отвечать требованиям ГОСТ Р 52280 [13].

Объект технической экспертизы – транспортное средство категории N с бортовой платформой (базовое транспортное средство), на котором серийно устанавливаемый силовой агрегат заменен аналогичным по конструкции.

Цель технической экспертизы – оценка соответствия тягово-скоростных свойств транспортного средства после внесения в его конструкцию изменений требованиям ГОСТ Р 52280.

3.2. ЗАДАНИЯ

Исходные данные для технической экспертизы принимаются:

- 1) по варианту задания в соответствии с табл. 3.1;
- 2) по приведенным в "Кратком автомобильном справочнике" [16] характеристикам:

- транспортного средства;
- силового агрегата.

Исходные данные, которые следует принять по "Краткому автомобильному справочнику", указаны в разделе "ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ" бланка заключения технической экспертизы ([приложение А](#)). Значения статического радиуса R (м) колеса необходимо определить в зависимости от обозначения шин автомобиля по ГОСТ Р 52899 [14].

Значения констант, необходимых для выполнения технической экспертизы, представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.1

Варианты заданий для выполнения работы

Вариант	Транспортное средство (ТС)	Передаточное число U_0 главной передачи	Силовой агрегат (СА)	
			модель	ТС, на котором серийно установлен СА
1	ЗИЛ-133ГЯ	6,83	КамАЗ-740.10	КамАЗ-5320
2	ЗИЛ-133ГЯ	6,83	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
3	КамАЗ-55102	6,53	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
4	ЗИЛ-431410	6,33	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
5	ЗИЛ-4331	5,29	КамАЗ-740.10	КамАЗ-5320
6	ЗИЛ-4331	6,33	КамАЗ-740.10	КамАЗ-5320
7	ЗИЛ-4331	5,29	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
8	ЗИЛ-4331	6,33	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
9	КамАЗ-5315	6,67	КамАЗ-740.10	КамАЗ-5320
10	КамАЗ-5315	6,27	КамАЗ-740.10	КамАЗ-5320
11	КамАЗ-5315	6,67	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
12	КамАЗ-5315	6,27	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
13	КамАЗ-5315	6,67	ЯМЗ-238Б	МАЗ-53362
14	КамАЗ-5315	6,27	ЯМЗ-238Б	МАЗ-53362
15	КамАЗ-5320	6,53	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
16	КамАЗ-5320	7,22	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
17	КамАЗ-5320	5,94	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
18	КамАЗ-5320	5,43	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
19	КамАЗ-53212	6,53	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
20	КамАЗ-53212	7,22	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
21	КамАЗ-53212	5,94	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
22	КамАЗ-53212	5,43	ЯМЗ-236М2	МАЗ-53371
23	МАЗ-53371	7,14	КамАЗ-740.10	КамАЗ-5320
24	МАЗ-53371	7,70	КамАЗ-740.10	КамАЗ-5320
25	МАЗ-53371	7,14	КамАЗ-7403.10	КамАЗ-5325
26	МАЗ-53371	7,70	КамАЗ-7403.10	КамАЗ-5325
27	МАЗ-53362	7,43	КамАЗ-740.10	КамАЗ-5320
28	МАЗ-53362	7,70	КамАЗ-740.10	КамАЗ-5320
29	МАЗ-53362	7,14	КамАЗ-7403.10	КамАЗ-5325
30	МАЗ-53362	7,70	КамАЗ-7403.10	КамАЗ-5325

Значения констант

Наименование константы		Обозначение	Единица измерения	Значение
Ускорение свободного падения		g	м/с ²	9,81
КПД транс-миссии	с одинарной главной передачей	η	—	0,90
	с двойной (центральной или разнесенной) главной передачей			0,84
	полноприводного автомобиля			0,80
Коэффициент связи между радиусом качения и статическим радиусом колеса	диагональная шина	k_R	—	1,04
	радиальная шина			1,06
Коэффициент сопротивления качению		f	—	0,015
Коэффициент обтекаемости	одиночного автомобиля	k_B	кг/м ³	0,55
	автопоезда			0,90

3.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3. Ознакомиться с требованиями нормативных документов, на которые сделаны ссылки в методических указаниях к работе. Установить, какие показатели тягово-скоростных свойств требуется определять для одиночного автомобиля, а какие для автопоезда.

4. Провести расчетное определение тягово-скоростных свойств одиночного автомобиля и/или автомобиля в составе автопоезда в следующей последовательности:

а) максимальная скорость (3.14)-(3.16);

б) максимальный преодолеваемый подъем, выраженный в градусах (3.20) и процентах (3.21);

5. Рассчитанные значения показателей транспортного средства следует занести в графы столбца «Значение фактическое». Фактические (расчетные) значения характеристик транспортного средства следует указать с точностью, принятой в автомобильной промышленности (см. "Краткий автомобильный справочник" [16]). Нормативные значения, в том числе полученные расчетным путем, следует занести в графы колонки «Значение нормативное». Если для какого-либо показателя не установлено нормативное значение, в графе «нормативное» ставится прочерк.

6. Сопоставить нормируемые показатели тягово-скоростных свойств одиночного автомобиля и автомобиля в составе автопоезда с нормативными значениями показателей. Составить заключение

технической экспертизы (заполнить бланк) транспортного средства с внесенными изменениями в конструкцию.

7. В итоговой части заключения технической экспертизы указать "соответствует" или "не соответствует" транспортное средство установленным требованиям. Если транспортное средство не соответствует установленным требованиям, итоговую часть заключения необходимо дополнить сведениями о конкретном нарушении требований, например "грузоподъемность выше нормы".

3.4. РЕГЛАМЕНТАЦИЯ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИИ N

Требования к тягово-скоростным свойствам транспортных средств категории N устанавливает ГОСТ Р 52280 [13] (пункты 3.1.1-3.1.4):

"Максимальная скорость, измеренная по ГОСТ 22576 [9], должна быть не менее:

- для автомобилей категории N_1 – 120 км/ч;
- для автомобилей категории N_2 и N_3 – 110 км/ч;
- для автомобилей в составе автопоезда – 90 км/ч;
- для автомобилей в составе автопоезда, предназначенных для междугородных и международных перевозок, - 100 км/ч.

Максимальный подъем, преодолеваемый автомобилем или автомобилем в составе автопоезда полной массой при движении по сухому, твердому и ровному покрытию на низшей передаче, должен составлять не менее:

- для одиночных автомобилей – 25% (14,00°);
- для автомобилей в составе автопоезда – 18% (10,20°).

Автомобили и автомобили в составе автопоезда должны обеспечивать трогание с места на подъеме, имеющем сухое, твердое и ровное покрытие, с уклоном не менее:

- для одиночных автомобилей – 20% (11,30°);
- для автомобилей в составе автопоезда – 12% (6,84°).

Автомобили в составе автопоезда полной массой при движении по сухому, твердому и ровному покрытию должны преодолевать подъем 3% (1,71°) протяженностью не менее 3 км при установившейся скорости движения не менее 35 км/ч".

Кроме того, в соответствии с ГОСТ Р 52280 [13] (пункты 3.7.2.4 и 3.7.2.5):

"Расположение двигателя, его навесных узлов и агрегатов должно обеспечивать удобное и безопасное проведение обслуживания и регулировочных работ, предусмотренных руководством по эксплуатации автомобиля.

На автомобилях с передней кабиной должна быть обеспечена возможность проверки уровня охлаждающей и тормозной жидкостей, а также масла без подъема кабины".

3.5. УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Уравнение силового баланса транспортного средства при его установившемся движении представляет собой равенство тяговой силы P_T сумме сил сопротивления движению: подъему P_{Π} , качению P_K и воздуха P_B , т.е. [17]

$$P_T = P_{\Pi} + P_K + P_B. \quad (3.1)$$

где P_{Π} – сила сопротивления подъему, Н;

P_K – сила сопротивления качению, Н;

P_B – сила сопротивления воздуха, Н.

3.5.1. Тяговая сила

Уравнение тяговой силы P_T (Н):

$$P_T = \eta M_E \frac{U}{R_D}, \quad (3.2)$$

где η – КПД трансмиссии;

M_E – крутящий момент, снимаемый с коленчатого вала двигателя, Н·м;

U – передаточное число трансмиссии;

R_D – динамический радиус колеса, м.

Зависимость момента двигателя M_E от частоты вращения коленчатого вала n (об/мин) при полной подаче топлива (внешняя скоростная характеристика двигателя) с достаточной для практики точностью аппроксимируется квадратным уравнением вида (см. приложение В Практикума):

$$M_E = an^2 + bn + c; \quad (n_N \geq n \geq n_{\text{MIN}}), \quad (3.3)$$

где a, b, c – коэффициенты квадратного уравнения;

n_N – скорость вращения вала двигателя при максимальной мощности N ;

n_{MIN} – минимальная устойчивая частота вращения вала двигателя.

Коэффициенты a, b и c квадратного уравнения (3.3) находятся в следующих соотношениях:

$$\begin{cases} a = \frac{M_N - M_{\text{MAX}}}{(n_M - n_N)^2} = \frac{9550N - n_N M_{\text{MAX}}}{n_N (n_M - n_N)^2}; \\ b = -2an_M; \quad c = M_{\text{MAX}} + an_M^2. \end{cases} \quad (3.4)$$

где M_N – крутящий момент (Н·м) при максимальной мощности двигателя N (кВт); $M_N = 9550N/n_N$;

$M_{\text{МАХ}}$ – максимальный крутящий момент, Н·м;

n_M – частота вращения вала двигателя (об/мин) при максимальном крутящем моменте $M_{\text{МАХ}}$ двигателя.

Для записи уравнения тяговой силы (3.2) в зависимости от скорости V (км/ч) движения транспортного средства воспользуемся соотношением

$$n = 3,6 \frac{2\pi}{60} v \frac{U}{R_K} \approx 0,377 v \frac{U}{R_K}, \quad (3.5)$$

где $2\pi/60$ – коэффициент перевода частоты вращения n (об/мин) в угловую скорость, с^{-1} ;

3,6 – коэффициент перевода м/с в км/ч;

U – передаточное число трансмиссии;

R_K – радиус качения колеса (кинематический радиус), м.

Радиус R_K качения колеса превышает динамический радиус R_D на 3-6 % в зависимости от типа шины. Динамический радиус R_D с достаточной для практики точностью можно принять равным статическому радиусу R колеса, т.е.

$$R_K = k_R R_D = k_R R, \quad (3.6)$$

где k_R – коэффициент, связывающий значения радиуса R_K качения и динамического R_D (статического R) радиуса колеса (см. табл. 3.2).

Уравнение тяговой силы (3.2) с учетом уравнений (3.3)-(3.6) принимает вид квадратного уравнения в зависимости от скорости V (км/ч):

$$P_T = \eta \frac{U}{R} \left[a \left(\frac{Uv}{0,377 k_R R} \right)^2 + 2 a n_M \frac{Uv}{0,377 k_R R} + M_{\text{МАХ}} + a n_M^2 \right]; \quad (3.7)$$

$$(v_{\text{MIN}} \geq v \geq v_N),$$

где v_{MIN} – минимальная скорость движения транспортного средства, соответствующая минимальной устойчивой частоте n_{MIN} вращения вала двигателя;

v_N – скорость движения транспортного средства, определяемая частотой вращения n_N вала двигателя при максимальной мощности N .

Передаточное число трансмиссии U :

$$U = U_{\text{КП}} U_0, \quad (3.8)$$

где $U_{\text{КП}}$ – передаточное число коробки передач;

U_0 – передаточное число главной передачи.

3.5.2. Силы сопротивления движению

Сила сопротивления подъему P_{Π} (Н):

$$P_{\Pi} = mg \sin \alpha, \quad (3.9)$$

где m – масса транспортного средства, (максимальная масса автомобиля или максимальная масса автопоезда) кг;

g – ускорение свободного падения, м/с² (см. табл. 3.2);

α – угол продольного подъема дороги, градус.

Сила сопротивления качению $P_{\text{К}}$ (Н).

На твердом покрытии эта сила возникает в результате деформации шины, а также трения шины о покрытие. Во время качения колеса между частями шины вследствие их деформации возникает трение, а выделяющаяся теплота рассеивается, что приводит к потере энергии.

С учетом продольного подъема дороги сила сопротивления качению $P_{\text{К}}$ (Н) подсчитывается по уравнению

$$P_{\text{К}} = mgf \cos \alpha = mgf \cos \alpha, \quad (3.10)$$

где f – коэффициент сопротивления качению.

Коэффициент сопротивления качению возрастает с увеличением скорости v транспортного средства. Однако, поскольку, максимальная скорость грузовых транспортных средств не достигает больших значений, в первом приближении, коэффициент сопротивления качению f можно считать постоянным (см. табл. 3.2).

Сила сопротивления воздуха $P_{\text{В}}$ обусловлена затратами энергии на перемещение частиц воздуха транспортным средством и на трение частиц воздуха о поверхность транспортного средства его движения. Сила сопротивления воздуха $P_{\text{В}}$ (Н) подсчитывается по уравнению

$$P_{\text{В}} = \frac{k_{\text{В}}}{13} Fv^2 = \frac{k_{\text{В}}}{13} B_1 H v^2, \quad (3.11)$$

где $k_{\text{В}}$ – коэффициент обтекаемости, кг/см³ (см. табл. 3.2), характеризует потери энергии вследствие трения частиц воздуха о поверхность транспортного средства;

F – площадь лобового сопротивления транспортного средства, м², характеризует потери энергии на перемещение частиц воздуха транспортным средством;

B_1 – колея передних колес транспортного средства, м;

H – габаритная высота транспортного средства, м;

13 – коэффициент перевода км/ч в м/с ($3,6^2 \approx 13$).

3.5.3. Уравнение движения транспортного средства

Анализ уравнений (3.7)-(3.11) сил, действующих на транспортное средство, показывает, что уравнение (3.1) силового баланса может быть

записано квадратным уравнением с коэффициентами A , B и C в зависимости от скорости v движения транспортного средства:

$$Av^2 + Bv + C = 0; \quad (v_{\text{MIN}} \geq v \geq v_{\text{MAX}}); \quad (3.12)$$

$$\begin{cases} A = \frac{a\eta}{(0,377k_R)^2} \left(\frac{U}{R}\right)^3 - \frac{k_B}{13} B_1 H; \\ B = -\frac{2an_M\eta}{0,377k_R} \left(\frac{U}{R}\right)^2; \\ C = \eta(M_{\text{MAX}} + an_M^2) \frac{U}{R} - mg(\sin\alpha + f \cos\alpha). \end{cases} \quad (3.13)$$

3.6. РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ

3.6.1. Максимальная скорость

Автомобиль без прицепа

На базовое транспортное средство установлен силовой агрегат с двигателем более высокой мощности по сравнению со штатным двигателем. Поэтому максимальная скорость автомобиля достигается на высшей (повышающей) передаче коробки передач.

В расчетах максимальная скорость v_{MAX} автомобиля без прицепа может принимать значения:

- 1) либо v_N – максимальной скорости, ограничиваемой частотой вращения n_N вала двигателя при максимальной мощности N ;
- 2) либо v_T – максимальной скорости, ограничиваемой тяговой силой P_T .

Из этих двух значений следует выбрать наименьшее:

$$v_{\text{MAX}} = \begin{cases} v_N; & (v_N < v_T); \\ v_T; & (v_N \geq v_T). \end{cases} \quad (3.14)$$

Скорость v_N (км/ч) подсчитывается исходя из уравнения (3.5):

$$v_N = 0,377n_N \frac{R_K}{U} = 0,377n_N \frac{k_R R}{U}, \quad (3.15)$$

где U – передаточное число трансмиссии находят по уравнению (3.8).

Скорость v_T (км/ч) определяется решением квадратного уравнения (3.12) с коэффициентами (3.13):

$$v_T = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}, \quad (3.16)$$

где значения коэффициентов A , B и C подсчитывают по уравнениям (3.13).

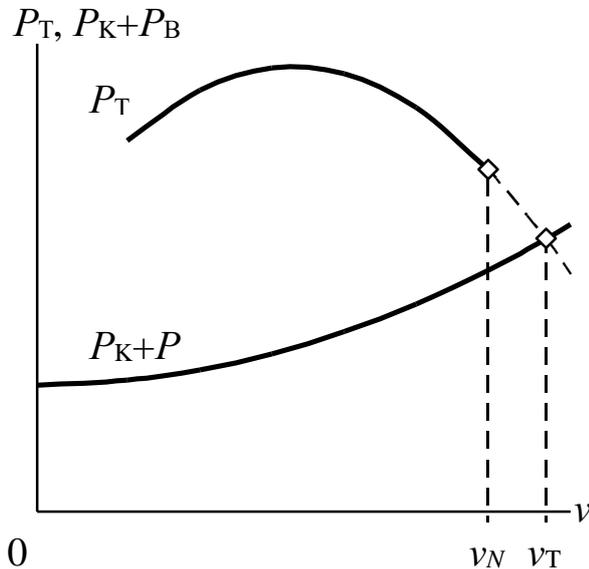


Рис. 3.1. Определение максимальной скорости: $v_{MAX} = v_N$, так как $v_N < v_T$

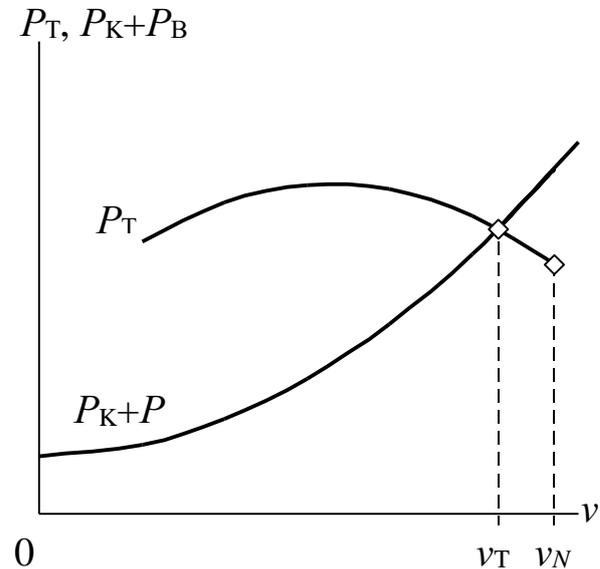


Рис. 3.2. Определение максимальной скорости: $v_{MAX} = v_T$, так как $v_T < v_N$

Варианты определения максимальной скорости v_{MAX} традиционным графоаналитическим решением уравнения (3.1) силового баланса транспортного средства показаны на рис. 3.1 и 3.2.

На рис. 3.1 скорость v_T , найденная по уравнению (3.16), превышает скорость v_N . В этом случае движение транспортного средства со скоростью v_T невозможно. Скорость v_T является гипотетической, так как ее значение лежит вне области определения тяговой силы P_T (3.7) (штриховая линия).

На рис. 3.2 скорость v_T лежит в области определения тяговой силы P_T (3.7) и ниже скорости v_N , обеспечиваемой максимальной частотой n_N вращения вала двигателя. При достижении транспортным средством скорости v_T суммарное дорожное сопротивление достигает величины тяговой силы ($P_T = P_K + P_B$), и дальнейший рост скорости становится невозможным.

Автомобиль в составе автопоезда

Сопротивление движению автопоезда выше, чем движению автомобиля, поэтому максимальная скорость автопоезда может достигаться:

- 1) либо на высшей (повышающей) передаче коробки передач;
- 2) либо на прямой передаче коробки передач.

Варианты определения максимальной скорости v_{MAX} автопоезда показаны графиками силового баланса на рис. 3.3-3.6.

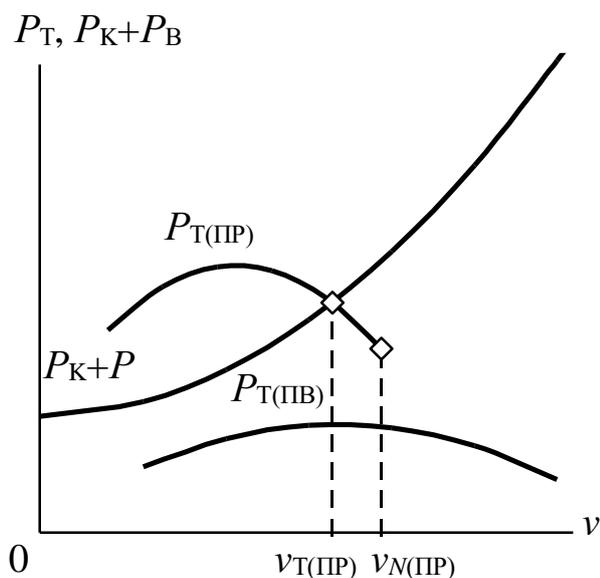


Рис. 3.3. Вариант 1 определения максимальной скорости v_{MAX} автопоезда:
 $v_{\text{MAX}} = v_{T(ПР)}$, так как $v_{T(ПР)} < v_{N(ПР)}$

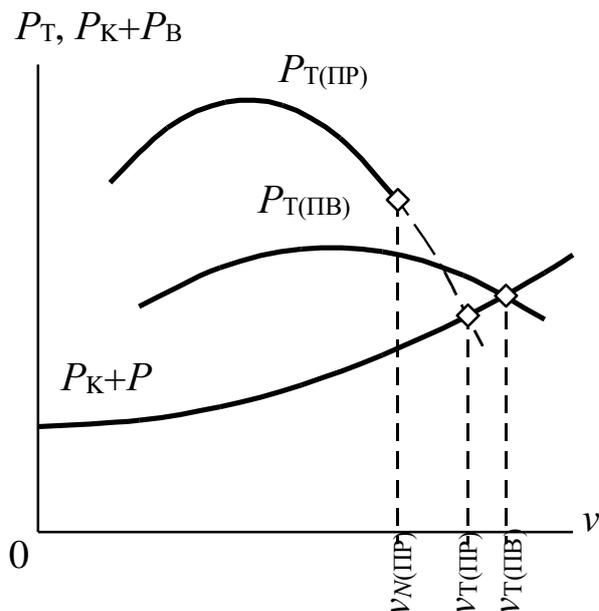


Рис. 3.4 – Вариант 2 определения максимальной скорости v_{MAX} автопоезда: $v_{\text{MAX}} = v_{T(ПВ)}$, так как $v_{T(ПВ)} > v_{T(ПР)}$ и $v_{T(ПР)} < v_{N(ПР)}$

Вариант 1 (рис. 3.3). Движение на высшей передаче коробки передач невозможно, так как суммарное сопротивление ($P_K + P_B$) превышает тяговую силу $P_{T(ПВ)}$ на повышенной передаче коробки передач. Математически это выражается в том, что квадратное уравнение (3.12) не имеет решения, так как дискриминант уравнения (3.12) является отрицательным числом ($B^2 - 4AC < 0$). В этом случае максимальная скорость достигается на прямой передаче коробки передач: $v_{\text{MAX}} = v_{T(ПР)}$.

Вариант 2 (рис. 3.4). Движение на высшей передаче коробки передач возможно. Максимальная скорость автопоезда ограничена тяговой силой $P_{T(ПВ)}$ на повышающей передаче коробки передач и принимает значение $v_{T(ПВ)}$. На прямой передаче наивысшая скорость $v_{N(ПР)}$ ограничена максимальной частотой вращения и коленчатого вала двигателя и она ниже скорости $v_{T(ПВ)}$.

Вариант 3 (рис. 3.5). Движение на высшей передаче коробки передач возможно. Максимальная скорость достигается на прямой передаче коробки передач, ограничена тяговой силой $P_{T(ПР)}$ и принимает значение $v_{T(ПР)}$. На повышающей передаче наивысшая скорость ограничена тяговой силой линия $P_{T(ПВ)}$ и достигает значения $v_{T(ПВ)}$, которое ниже, чем скорость $v_{T(ПР)}$.

Вариант 4 (рис. 3.6). Движение на высшей передаче коробки передач возможно. Максимальная скорость достигается на прямой передаче коробки передач, ограничена максимальной частотой вращения коленчатого вала и имеет значение $v_{N(ПР)}$. Эта скорость выше скорости $v_{T(ПВ)}$, которая является наивысшей при движении на повышающей передаче коробки передач, но при этом скорость $v_{N(ПР)}$ полученного расчетным путем значения $v_{T(ПР)}$.

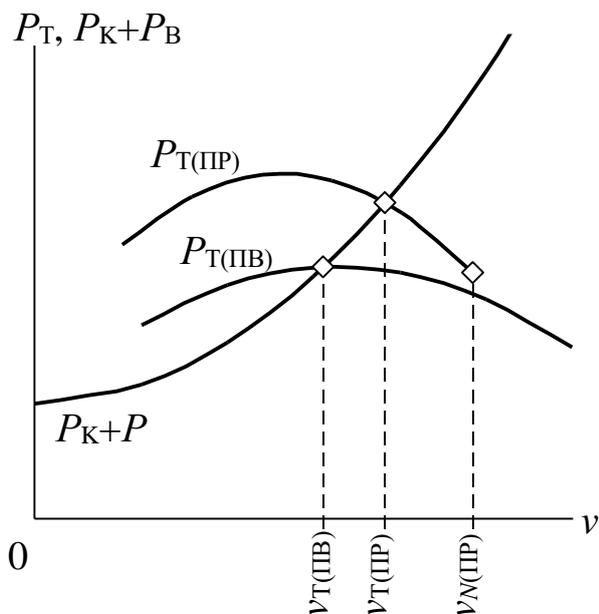


Рис. 3.5 – Вариант 3 определения максимальной скорости v_{MAX} автопоезда: $v_{MAX} = v_{T(ПР)}$, так как $v_{T(ПР)} > v_{T(ПВ)}$ и $v_{T(ПР)} < v_{N(ПР)}$

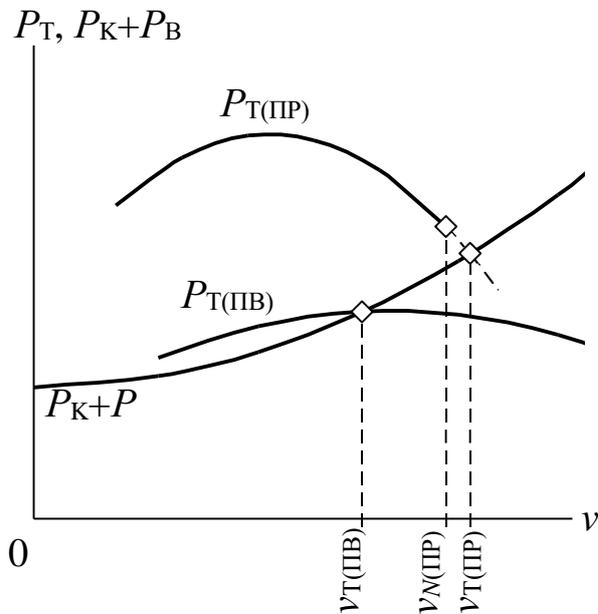


Рис. 3.6 – Вариант 4 определения максимальной скорости v_{MAX} автопоезда: $v_{MAX} = v_{N(ПР)}$, так как $v_{N(ПР)} > v_{T(ПВ)}$ и $v_{N(ПР)} < v_{T(ПР)}$

Критерии определения максимальной скорости v_{MAX} автопоезда формализуются следующим образом:

$$v_{MAX} = \begin{cases} v_{T(ПР)}; & [(B_{ПВ}^2 - 4A_{ПВ}C_{ПВ}) < 0]; \\ v_{T(ПР)}; & [v_{T(ПР)} > v_{T(ПВ)}; \quad v_{T(ПР)} < v_{N(ПР)}]; \\ v_{T(ПВ)}; & [v_{T(ПВ)} > v_{T(ПР)}; \quad v_{T(ПВ)} > v_{N(ПР)}]; \\ v_{N(ПР)}; & [v_{N(ПР)} > v_{T(ПВ)}; \quad v_{N(ПР)} < v_{T(ПР)}], \end{cases} \quad (3.17)$$

где $A_{ПВ}$, $B_{ПВ}$, $C_{ПВ}$ – коэффициенты (3.13) квадратного уравнения (3.12) движения автопоезда на повышающей передаче коробки передач;

$v_{T(ПР)}$ – наивысшая скорость автопоезда, ограниченная тяговой силой $P_{T(ПР)}$ на прямой передаче коробки передач;

$v_{T(ПВ)}$ – наивысшая скорость автопоезда, ограниченная тяговой силой $P_{T(ПВ)}$ на повышающей передаче коробки передач;

$v_{N(ПР)}$ – скорость автопоезда на прямой передаче коробки передач, соответствующая максимальной частоте вращения вала двигателя.

Значения скоростей $v_{T(ПР)}$ и $v_{T(ПВ)}$ подсчитывают по формуле (3.16), в которой коэффициенты A , B и C находят для соответствующих передаточных чисел коробки передач.

Значения скорости $v_{N(ПР)}$ подсчитывают по уравнению (3.15) для прямой передачи коробки передач.

3.6.2. Максимальный преодолеваемый подъем

Максимальный преодолеваемый транспортным средством подъем характеризуется углом α_{MAX} (градус) или уклоном i_{MAX} (%) (см. раздел 3.4). Расчетное определение этих показателей строится на следующих допущениях:

1) скорость движения транспортного средства относительно мала и поэтому можно пренебречь силой сопротивления воздуха P_B ввиду ее малости;

2) движение транспортного средства осуществляется при максимальном крутящем моменте M_{MAX} двигателя.

При этих допущениях уравнение силового баланса (3.1) с учетом уравнений тяговой силы P_T (3.2), силы сопротивления подъему $P_{П}$ (3.9) и силы сопротивления качению P_K (3.10) принимает вид:

$$M_{MAX}\eta\frac{U}{R} - Mg(\sin\alpha_{MAX} + f \cos\alpha_{MAX}) = 0. \quad (3.18)$$

Согласно известному тригонометрическому тождеству, $\sin\alpha_{MAX}$ можно выразить через $\cos\alpha_{MAX}$, и после преобразований уравнение (3.18) приобретает вид:

$$\sqrt{1 - \cos^2\alpha_{MAX}} = \frac{M_{MAX}\eta U}{mgR} + f \cos\alpha_{MAX}. \quad (3.19)$$

Это уравнение приводится к квадратному путем возведения в квадрат правой и левой частей. Решение уравнения относительно α_{MAX} имеет вид:

$$\alpha_{MAX} = \arccos \frac{-Zf + \sqrt{1 + f^2 - Z^2}}{1 + f^2}; \quad Z = \frac{M_{MAX}\eta U}{mgR}. \quad (3.20)$$

Продольным уклоном i дороги называют тангенс угла наклона дороги к горизонту, выраженный в процентах: $i = \operatorname{tg}\alpha \times 100\%$. Отсюда

$$i_{MAX} = \operatorname{tg}\alpha_{MAX} \times 100\%. \quad (3.21)$$

3.7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение терминов, приведенных в разделе "ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ" Практикума.
2. Определение транспортного средства категории N.
3. Показатели, характеризующие тягово-скоростные свойства транспортных средств.
4. Требования к тягово-скоростным свойствам транспортных средств категории N.
5. Требования к расположению двигателя на транспортном средстве категории N.
6. Слагаемые уравнения силового баланса транспортного средства.
7. Сила тяги транспортного средства.
8. Силы сопротивления движению транспортного средства.
9. Вывод коэффициентов квадратного уравнения (3.12) движения транспортного средства.
10. Условия испытаний по определению максимальной скорости транспортного средства: участок дороги, масса транспортного средства и т.д. (ГОСТ 22576 [9]).
11. Аналитическое определение максимальной скорости транспортного средства.
12. Варианты графоаналитического определения скорости транспортного средства.
13. Что означает продольный уклон дороги, выраженный в процентах?
14. Вывод уравнения (3.20) угла максимального преодолеваемого подъема.
15. Графоаналитическое определение максимального преодолеваемого подъема.
16. Вывод уравнений коэффициентов квадратного уравнения (3.4) внешней скоростной характеристик двигателя (см. [приложение В](#)).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.02 № 184-ФЗ.
2. Технический регламент Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств" – Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 877.
3. Правила ООН № 13. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения.
4. Правила ООН № 55. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических сцепных устройств составов транспортных средств.
5. Правила ООН № 89. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения: I. Транспортных средств в отношении ограничения их максимальной скорости или их регулируемой функции ограничения скорости. II. Транспортных средств в отношении установки устройства ограничения скорости (УОС) или регулируемого устройства ограничения скорости (РУОС) официально утвержденного типа. III. Устройств ограничения скорости (УОС) и регулируемых устройств ограничения скорости (РУОС).
6. ГОСТ 4754-97. Шины пневматические для легковых автомобилей, прицепов к ним, легких грузовых автомобилей и автобусов особо малой вместимости.
7. ГОСТ 5652-89. Шины пневматические для мотоциклов, мотоколясок, мотороллеров и мопедов.
8. ГОСТ 10409-74 (ИСО 4107-95). Колеса автомобильные с разборным ободом. Основные размеры. Общие технические требования.
9. ГОСТ 22576-90. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний.
10. ГОСТ 22748-77. Автотранспортные средства. Номенклатура наружных размеров. Методы измерений.
11. ГОСТ 33987-2016. Транспортные средства колесные. Массы и размеры. Технические требования и методы определения.
12. ГОСТ Р 52051-2003. Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения.
13. ГОСТ Р 52280-2004. Автомобили грузовые. Общие технические требования.
14. ГОСТ Р 52899-2007. Шины пневматические для грузовых механических транспортных средств и прицепов.
15. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ).
16. Краткий автомобильный справочник / А. Н. Понизовкин, Ю. М. Власко, М. Б. Ляликов и др. – М.: АО "Трансконсалтинг", НИИАТ, 1994. – 779 с.
17. Характеристики автомобиля, проектирование сцепления: Методически е указания к выполнению курсового проекта по дисциплине "Автомобили" / Сост.: А.М. Зарщиков. – Омск: СибАДИ, 2007. – 48 с.

Приложение А

Бланки заключений технической экспертизы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА (лабораторная работа № 1)

№ _____ от « ____ » _____ 20__ г.

Группа _____
Студент _____
Вариант _____

"УТВЕРЖДАЮ"
Руководитель технической экспертизы
_____ Савельев Б.В.
" ____ " _____ 20__ г.

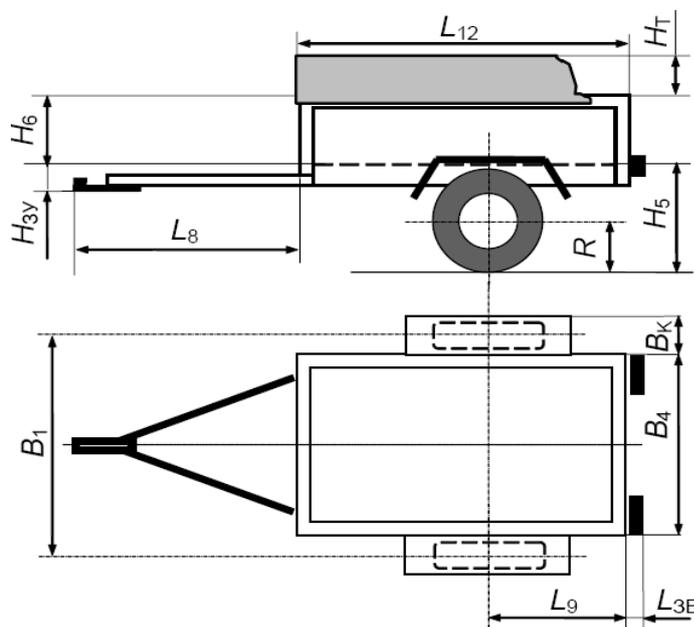
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

**Характеристики тягового автомобиля
(Краткий автомобильный справочник –
НИИАТ, 1994 [14])**

ПРАКТИКУМ (табл. 1.1)

Размеры прицепа, мм	
- ширина надколесного крыла B_K	
- высота пола платформы относительно центра сферы сцепной головки H_C	
- высота дуг тента H_T	
- длина дышла L_8	
- задний свес L_9	
- задний выступ прицепа L_B	60
- статический радиус колеса R : для шин с посадочным диаметром 10 дюймов – по ГОСТ 5652 [6]*, более 10 дюймов – по ГОСТ 4754 [5]* * См. электронную версию	
Масса, приходящаяся на замковое устройство тягово-сцепного устройства снаряженного прицепа, кг:	
- в горизонтальном положении M_C	
- в наклонном положении M_H	

Марка, модель	
Допустимая масса прицепа, кг	
Габаритная длина, мм	
Характеристики прототипа прицепа (Краткий автомобильный справочник – НИИАТ, 1994 [14])	
Модель прототипа	
Снаряженная масса M , кг	
Внутренние размеры платформы (считать наружными размерами платформы), мм:	
- длина L_{12}	
- ширина B_4	
- высота борта (без надставных бортов) H_6	
Колея колес B_1 , мм	
Погрузочная высота H_5 , мм (для прицепа МАЗ-8114 H_5 принять по прицепу ММЗ-81024)	
Обозначение шин последних в списке (для прицепа модели 8121 принять шины 5,00-10)	



Размеры прицепа, мм
$L_8 =$
$L_9 =$
$L_{12} =$
$L_{3B} =$
$B_1 =$
$B_4 =$
$B_K =$
$H_5 =$
$H_6 =$
$H_{3y} =$
$H_T =$
$R =$

**РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ
КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА
(лабораторная работа № 1)**

Группа _____ "УТВЕРЖДАЮ"
 Студент _____ Руководитель технической экспертизы
 Вариант _____ Савельев Б.В.
 " ____ " _____ 20 ____ г.

**Транспортное средство категории О₁,
изготовленное в порядке индивидуального технического творчества**

Показатель	Значение	
	фактическое	нормативное (ТР ТС 018/2011)
Грузоподъемность, кг		
Масса без нагрузки (снаряженная), кг:		
в том числе: на ось		
на сцепной шар автомобиля		
Разрешенная максимальная (полная) масса, кг:		
в том числе: на ось		
на сцепной шар автомобиля		
Длина автопоезда в составе с основным тяговым автомобилем, мм		
Габаритные размеры, мм: длина		
ширина		
высота		
Высота центра сферы сцепной головки, мм		
Угол статической устойчивости, градус		
Шины (обозначение)		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Транспортное средство категории О₁, изготовленное в порядке индивидуального технического творчества, _____ требованиям нормативных правовых актов Российской Федерации в области обеспечения безопасности дорожного движения

Эксперт

(Подпись)

(Расшифровка подписи)

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ
 КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА
 (лабораторная работа № 2)**

№ _____ от « ____ » _____ 20__ г.

Группа _____ "УТВЕРЖДАЮ"
 Студент _____ Руководитель технической экспертизы
 Вариант _____ " ____ " _____ 20__ г.
 Савельев Б.В.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

ПРАКТИКУМ (табл. 2.1)

Марка, модель транспортного средства (ТС)	
Передаточное число главной передачи U_0	
Марка модель силового агрегата	
Марка модель ТС, на котором серийно установлен силовой агрегат	

Краткий автомобильный справочник – НИИАТ, 1994 [14]

Характеристики транспортного средства

Максимальная (полная) масса автомобиля, кг	
Максимальная масса автопоезда, кг	
Колея передних колес B_1 , м	
Габаритная высота (включая тент) H , м	
Тип главной передачи (одинарная или двойная)	
Шины (обозначение)	
Статический радиус колеса R по ГОСТ Р 52899 [12], м (см. электронную версию)	

Характеристики силового агрегата

Максимальная мощность двигателя N , кВт	
Частота вращения вала при максимальной мощности, n_N об/мин	
Максимальный крутящий момент M_M , Н·м	
Среднее значение частоты вращения вала при максимальном моменте n_M , об/мин	
Передаточное число первой передачи коробки передач U_1	
Передаточное число высшей передачи коробки передач U_B	

**РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ
КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА
(лабораторная работа № 2)**

Группа _____

"УТВЕРЖДАЮ"
Руководитель технической экспертизы

Студент _____

_____ Савельев Б.В.

Вариант _____

" ____ " _____ 20__ г.

Показатель		Значение	
		фактическое	нормативное (ГОСТ Р 52280 [11])
Максимальная скорость, км/ч	автомобиля		
	автомобиля в составе автопоезда		
Максимальный преодолеваемый подъем	автомобиля	угол, градус	
		уклон, %	
	автомобиля в составе автопоезда	угол, градус	
		уклон, %	
Остальные данные – см. автомобиль (модель)			

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автомобиль _____, оборудованный силовым агрегатом _____,
_____ требованиям нормативных правовых актов Российской
Федерации в области обеспечения безопасности дорожного движения:

Эксперт

(Подпись)

(Расшифровка подписи)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА (ТС)

(лабораторная работа № 3)

№ _____ от « ____ » _____ 20__ г.

"УТВЕРЖДАЮ"
Руководитель работы по технической экспертизе

Группа _____ Савельев Б.В.
Студент _____
Вариант _____ " ____ " _____ 20__ г.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Практикум
(по варианту задания табл. 3.1)

Марка, модель ТС	
Центр масс водителя, мм:	
- абсцисса L_B	
- высота H_B	
Цистерна, габаритные размеры (без учета горловины), мм:	
- длина L	
- ширина $B_{Ц}$	
- высота $H_{Ц}$	
Высота ложементов крепления цистерны, мм (табл. 3.2)	
Минимальное расстояние от сливного патрубка до задней части бампера цистерны, мм (см. пункт 3.4.5)	

Характеристики базового ТС
(Краткий автомобильный справочник – НИИАТ, 1994 [14])

Число пассажирских мест	
Показатели массы*, кг:	
- грузоподъемность M_T	
- снаряженная масса M_B	
- в том числе:	
на переднюю ось M_{B1}	
на заднюю ось (группу осей) M_{B2}	
- максимальная (полная) M_{AB}	
- в том числе:	
на переднюю ось M_{AB1}	
на заднюю ось (тележку) M_{AB2}	
Размеры, мм:	
- габаритная длина L_4	
- высота ТС без тента	
- колесная база L_1 (рис. 3.4)	
- передний свес L_6 (рис. 3.5)	
- загрузочная длина (внутренняя) платформы L_{12}	
- погрузочная высота платформы	
- высота центра масс h_B снаряженного ТС**	
Шины и колеса:	
- обозначение обода	
- обозначение шин	

ПРИМЕЧАНИЯ

- * Для автомобиля Урал-43202 принять: $M_B = 7950$ кг; $M_{B1} = 3765$ кг; $M_{B2} = 4185$ кг.
- ** Если высота центра масс ТС h_B не указана в технической характеристике ТС, принять ее:
- для ТС общего назначения – равной высоте центра зева тягового крюка;
- для ТС высокой проходимости – на 15 % выше центра зева тягового крюка.

Приложение Б

Вывод уравнения высоты центра масс прицепа снаряженной массы

Высота $h_{Ц}$ центра масс прицепа снаряженной массы M вычисляется по результатам взвешивания прицепа в наклонном положении (замковое устройство на уровне поверхности дороги). Уравнение высоты центра масс $h_{Ц}$ выводится из схемы сил, действующих на прицеп в наклонном положении (рис. Б.1). Абсцисса d центра масс прицепа определяется известным соотношением:

$$d = L_7 \frac{M_C}{M}. \quad (\text{Б.1})$$

Высота центра масс $h_{Ц}$ складывается из отрезков (см. рис. Б.1):

$$h_{Ц} = R + h_1 + h_2, \quad (\text{Б.2})$$

где R – статический радиус колеса.

Отрезок h_2 определяется из прямоугольного треугольника OAK , в котором $\angle OAK = \lambda$, а сторона $AK = d$, т.е. с учетом соотношения (Б.1):

$$h_2 = d \operatorname{tg} \lambda = \frac{M_C}{M} L_7 \operatorname{tg} \lambda. \quad (\text{Б.3})$$

Отрезок h_1 определяется из прямоугольного треугольника ACD , в котором $\angle ACD = (\lambda + \beta)$, а сторона $AD = n$:

$$h_1 = \frac{n}{\sin(\lambda + \beta)}. \quad (\text{Б.4})$$

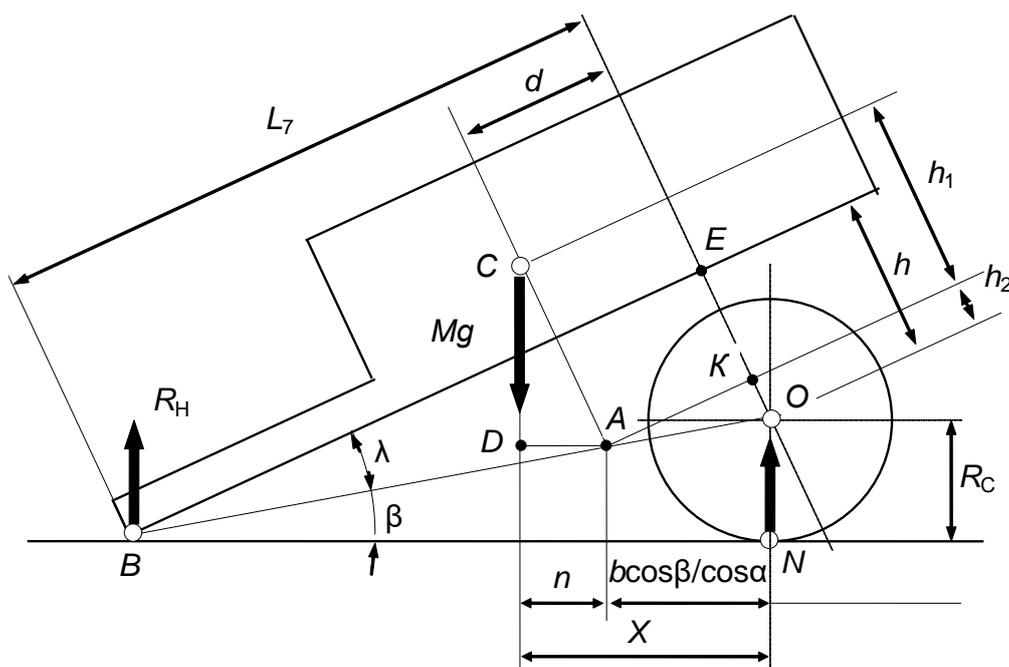


Рис. Б.1. Схема сил, действующих на прицеп в наклонном положении

Для определения отрезка n составим уравнение моментов относительно точки N контакта колес с поверхностью (см. рис. Б.1), принимая во внимание, что реакция нагрузки на центр сферы замкового устройства

$$R_H = M_{Hг}:$$

$$XM = L_7 M_H \frac{\cos \beta}{\cos \lambda}. \quad (\text{Б.5})$$

Отрезок X с учетом соотношений (Б.1) и (Б.4):

$$X = n + d \frac{\cos \beta}{\cos \lambda} = h_1 \sin(\lambda + \beta) + L_7 \frac{M_C \cos \beta}{M \cos \lambda}. \quad (\text{Б.6})$$

Согласно полученному равенству решение уравнения (Б.5) относительно h_1 приводится к виду:

$$h_1 = L_7 \frac{(M_H - M_C) \cos \beta}{M \cos \alpha \sin(\lambda + \beta)}. \quad (\text{Б.7})$$

Тригонометрический сомножитель уравнения (Б.7) с учетом известных тождеств преобразуется следующим образом:

$$\frac{\cos \beta}{\cos \alpha \sin(\lambda + \beta)} = \frac{\cos \beta}{\cos \alpha (\sin \lambda \cos \beta + \cos \lambda \sin \beta)} = \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \lambda}{\operatorname{tg} \lambda + \operatorname{tg} \beta}. \quad (\text{Б.8})$$

Таким образом, высота центра масс $h_{Ц}$ (Б.2) с учетом соотношений (Б.4), (Б.7) и (Б.8) после преобразований принимает вид:

$$h_{Ц} = R_C + \frac{L_7}{M} \left[M_C \operatorname{tg} \lambda + (M_H - M_C) \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \lambda}{\operatorname{tg} \lambda + \operatorname{tg} \beta} \right]; \quad (\text{Б.9})$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{h}{L_7}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{\sqrt{\frac{h^2 + L_7^2}{R_C^2} - 1}}, \quad (\text{Б.10})$$

где h – расстояние по вертикали от центральной линии колес до центра сферы замкового устройства.

Выражение (Б.10) для расчета $\operatorname{tg} \lambda$ определяется из прямоугольного треугольника OBE (см. рис. Б.1), где сторона $BE = L_7$, а сторона $OE = h$.

Аналогично $\operatorname{tg} \beta$ (Б.10) определяется из прямоугольного треугольника OBV отношением его катетов:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{(ON)}{(BN)} = \frac{R_C}{(BN)} = \frac{R_C}{\sqrt{(BO)^2 - R_C^2}}, \quad (\text{Б.11})$$

где отрезок BO вычисляется из прямоугольного треугольника OBE :

$$BO = \sqrt{(EO)^2 + (BE)^2} = \sqrt{h^2 + L_7^2}. \quad (\text{Б.12})$$

Таким образом, выражение (Б.11) с учетом уравнения (Б.12) после преобразований принимает вид уравнения (Б.10).

Приложение В

Аппроксимация внешней скоростной характеристики двигателя

Внешняя скоростная характеристика двигателя (зависимость мощности N_E и момента M_E , снимаемых с вала двигателя, от частоты вращения n вала двигателя при максимальной подаче топлива) обычно имеет вид, показанный на рис. В.1.

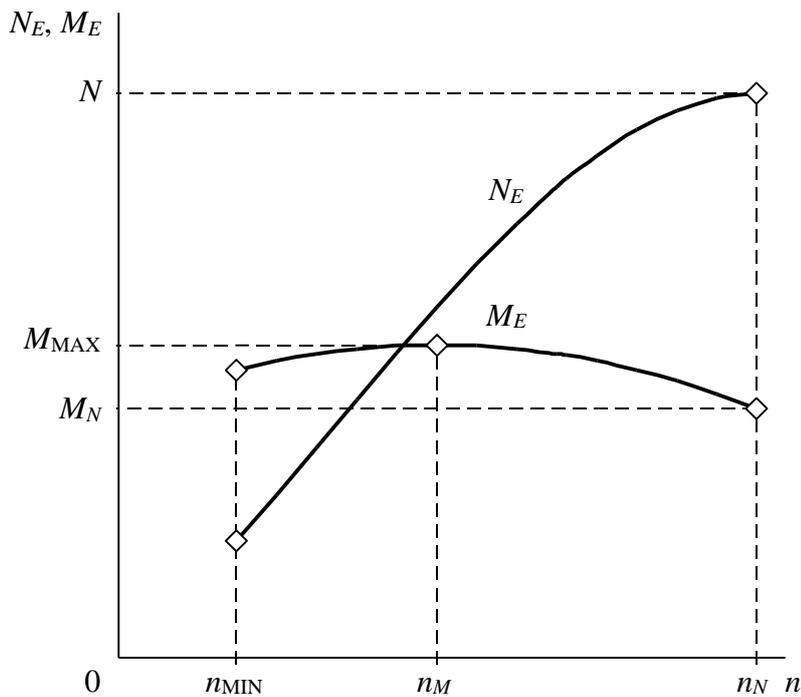


Рисунок В.1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

Зависимость $M_E(n)$ имеет относительно небольшую кривизну (см. рис. В.1). Поэтому для ее аппроксимации успешно применяют интерполяционный метод, который при относительной простоте обеспечивает приемлемую точность аппроксимации. В интервале частоты вращения коленчатого вала от n_{MIN} до n_N зависимость $M_E(n)$ может быть аппроксимирована уравнением второго порядка (параболой) вида

$$M_E = an^2 + bn + c; \quad (n_N \geq n \geq n_{\text{MIN}}), \quad (\text{В.1})$$

В качестве узлов интерполяции используют характерные точки внешней скоростной характеристики с координатами $(M_{\text{MAX}}; n_M)$ и $(M_N; n_N)$ (см. рис. В.1). Однако уравнение параболы (В.1) содержит три неизвестных коэффициента – a , b и c , для отыскания которых необходимо располагать координатами трех интерполяционных узлов, чтобы можно было составить систему из трех уравнений.

В качестве третьего уравнения используют уравнение условия максимума кривой $M_E(n_E)$ с абсциссой n_M :

$$\frac{dM_E}{dn} = 0. \quad (\text{B.2})$$

Применив это условие к уравнению (B.1) в точке максимума (M_{MAX} ; n_M), получают недостающее уравнение: $b + 2an_M = 0$.

Таким образом, система уравнений для отыскания коэффициентов уравнения (B1) записывается в виде:

$$\begin{cases} M_{\text{MAX}} = an_M^2 + bn_M + c; \\ M_N = an_N^2 + bn_N + c; \\ 0 = b + 2an_M. \end{cases} \quad (\text{B.3})$$

Решение системы уравнений (B.3) относительно коэффициентов a , b и c дает искомые уравнения расчета этих коэффициентов (3.4).

Приложение Г

Электронная таблица "LW"

Электронная таблица "LW" предназначена для проверки студентами результатов выполненных ими расчетов. Общий вид таблицы показан на рис. Г.1. В таблице перечни показателей, значения которых рассчитываются в каждой из трех лабораторных работ, сгруппированы в трех соответствующих колонках. Колонки лабораторных работ имеют одинаковую структуру.

Порядок работы с таблицей покажем на примере лабораторной работы № 3 (рис. Г.2). В колонке каждой лабораторной работы предусмотрены поля разного цвета:

- желтое – "Техническая характеристика", в котором приведен перечень показателей транспортного средства, значения которых, найденные расчетным путем, студент должен проверить обязательно;

- серое – "Промежуточные результаты", которое содержит перечень показателей, расчетные значения которых проверять необязательно. Проверка этих показателей носит вспомогательный характер при вычислении значений показателей технической характеристики, приведенных в желтом поле;

- зеленое – ячейки, в которые вносятся значения показателей;

- белое – показывает результат проверки: "Верно" или "Ошибка".

ВНИМАНИЕ! Относительная погрешность вычислений и округления результатов расчетов не должна превышать 0,5 %. Относительную погрешность более 0,5 % электронная таблица "LW" воспринимает как ошибку расчета.

Выбор варианта для проверки студент осуществляет из выпадающего списка (рис. Г.3).

Рассчитанные значения вносят в ячейки зеленого поля, результат проверки – "Верно" или "Ошибка" появляется в ячейке белого цвета.

ВНИМАНИЕ! Электронная таблица "LW" не сохраняет результаты расчетов, а служит только для проверки правильности их выполнения.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1			ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2			ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3									
2	ВАРИАНТ 5			ВАРИАНТ 4			ВАРИАНТ 22									
3	Техническая характеристика			Техническая характеристика			Техническая характеристика			Факт						
4	Грузоподъемность, кг	M_r		Вместимость цистерны, л	V		Макс. скорость, км/ч	V_{MAX}		Авто-мобиль	Макс. скорость, км/ч	V_{MAX}		Факт		
5	Макс. масса, приходящаяся на ТСУ, кг	M_{cr}		Масса снаряженной, кг	M		Макс. подъем, градус	ϕ_{MAX}		Авто-мобиль	Макс. подъем, градус	ϕ_{MAX}		Факт		
6	Габаритная длина, мм			- на переднюю ось	M_1		Макс. подъем, %	f_{MAX}		Авто-мобиль	Макс. подъем, %	f_{MAX}		Факт		
7	Габаритная ширина, мм			- на заднюю ось	M_2		Макс. скорость, км/ч	V_{MAX}		Авто-мобиль	Макс. скорость, км/ч	V_{MAX}		Факт		
8	Габаритная высота, мм			Масса максимальная, кг	M_A		Макс. подъем, градус	ϕ_{MAX}		Авто-мобиль	Макс. подъем, градус	ϕ_{MAX}		Факт		
9	Высота центра сферы замк. уст-ва, мм			- на переднюю ось	M_{A1}		Макс. подъем, %	f_{MAX}		Авто-мобиль	Макс. подъем, %	f_{MAX}		Факт		
10	Угол статической устойчивости, градус:	α		- на заднюю ось	M_{A2}					Авто-мобиль						
11	Техническая характеристика			- миним. допуст. на упр. ось	-					Авто-мобиль						
12	Макс. масса, приходящаяся на ТСУ, кг	-		Габаритная длина, мм	-					Авто-мобиль						
13	Угол статической устойчивости, градус:	$\alpha_ч$		Габаритная высота, мм	-					Авто-мобиль						
14	Промежуточные результаты			Угол опрокидывания, градус	α					Авто-мобиль						
15	Свес дышла, мм	L_7		Угол нормативный, градус	$\alpha_ч$					Авто-мобиль						
16	Абсцисса центра масс груза, мм	L_r		Рекомендации						Авто-мобиль						
17	Расстояние h , мм	h		Масса снаряж на 1-ю ось, кг	-					Авто-мобиль						
18	$tg\alpha$	$tg\alpha$		Масса снаряж на 2-ю ось, кг	-					Авто-мобиль						
19	$tg\beta$	$tg\beta$		Масса макс. на 1-ю ось, кг	-					Авто-мобиль						
20	Высота ЦМ ТС массой M , мм	$h_ц$		Масса макс. на 2-ю ось, кг	-					Авто-мобиль						
21	Высота ЦМ ТС массой $M+M_r$, мм	$H_ч$		От борта до днища, мм	$L_{зб}$					Авто-мобиль						
22	Абсцисса центра масс, мм	$L_{цм}$		Промежуточные результаты						Авто-мобиль						
23	Приведенная колея, мм	b		Внутр. площадь днища	F_d					Авто-мобиль						
24	Приведенная высота ЦМ ($H_{цмг} \Delta H_{цм}$), мм	-		Длина дуги обечайки, мм	L_o					Авто-мобиль						
25	Коэффициент поперечной устойчивости	q_s		Масса цистерны, кг	$M_ц$					Авто-мобиль						
26				Абсцисса ЦМ цистерны, мм	$L_ц$					Авто-мобиль						
27				То же: рекомендация, мм	$L_{цр}$					Авто-мобиль						
28				Средняя колея, мм	$B_{ср}$					Авто-мобиль						
29				Высота ЦМ цистерны, мм	-					Авто-мобиль						
30				Высота ЦМ АЦ, мм	$H_{цм}$					Авто-мобиль						
31				Коэфф. поперечн. уст-ти	q_s					Авто-мобиль						
32										Авто-мобиль						
33										Авто-мобиль						

Рис. Г.1. Экранная форма электронной таблицы "LW"

M	N	O	P	Q
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3				
ВАРИАНТ 13 <input type="button" value="▼"/>				
Техническая характеристика			Факт	
Авто-мобиль	Макс. скорость, км/ч	V_{MAX}		
	Макс. подъем, градус	α_{MAX}		
	Макс. подъем, %	ϵ_{MAX}		
Авто-поезд	Макс. скорость, км/ч	V_{MAX}		
	Макс. подъем, градус	α_{MAX}		
	Макс. подъем, %	ϵ_{MAX}		
Промежуточные результаты			Факт	
Коэффициент (30)		a		
$V_{MAX}(n_N)$ на $U_{ПВ}$, км/ч		$V_{N(ПВ)}$		
$V_{MAX}(n_N)$ на $U_{ПР}$, км/ч		$V_{N(ПР)}$		
Автомобиль	$U_{ПВ}$	A		
		B		
		C		
		$V_{T(ПВ)}$		
Автопоезд	$U_{ПВ}$	A		
		B		
		C		
		$V_{T(ПВ)}$		
Автомобиль	$U_{ПР}$	A		
		B		
		C		
		$V_{T(ПР)}$		
Автопоезд	$U_{ПР}$	A		
		B		
		C		
		$V_{T(ПР)}$		
Автомобиль	U_I	Z		
Автопоезд	U_I	Z		

Рис. Г.2. Поля колонки "Лабораторная работа № 2"

M	N	O	P	Q
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3				
ВАРИАНТ 13 <input type="button" value="▼"/>				
Техническая характеристика			Ф	
Авто-мобиль	Макс. скорость, км/ч	V_{MAX}	1	
	Макс. подъем, градус	α_{MAX}	2	
	Макс. подъем, %	ϵ_{MAX}	3	
Авто-поезд	Макс. скорость, км/ч	V_{MAX}	4	
	Макс. подъем, градус	α_{MAX}	5	
	Макс. подъем, %	ϵ_{MAX}	6	
Промежуточные результаты			Ф	
Коэффициент (30)		a	7	
$V_{MAX}(n_N)$ на $U_{ПВ}$, км/ч		$V_{N(ПВ)}$	8	
$V_{MAX}(n_N)$ на $U_{ПР}$, км/ч		$V_{N(ПР)}$	9	
Автомобиль	$U_{ПВ}$	A	10	
		B	11	
		C	12	
		$V_{T(ПВ)}$	13	
Автопоезд	$U_{ПВ}$	A	14	
		B	15	
		C	16	
		$V_{T(ПВ)}$	17	
Автомобиль	$U_{ПР}$	A	18	
		B	19	
		C	20	
		$V_{T(ПР)}$	21	
Автопоезд	$U_{ПР}$	A	22	
		B	23	
		C	24	
		$V_{T(ПР)}$	25	
Автомобиль	U_I	Z	26	
			27	
			28	
			29	
Автопоезд	U_I	Z	30	

Рис. Г.3. Выпадающий список вариантов

M	N	O	P	Q
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ЗАЧТЕНО				
ВАРИАНТ 38 ▼				
Техническая характеристика			Факт	
АВТО- мобиль	Макс. скорость, км/ч	V_{MAX}	34	Верно
	Макс. подъем, градус	α_{MAX}	15	Верно
	Макс. подъем, %	t_{MAX}	90	Верно
АВТО- поезд	Макс. скорость, км/ч	V_{MAX}	8	Верно
	Макс. подъем, градус	α_{MAX}	45	Верно
	Макс. подъем, %	t_{MAX}	3	Верно

Рис. Г.4. Подтверждение правильности выполненных расчетов

Если в зеленые ячейки, соответствующие показателям технической характеристики транспортного средства, указанным в желтом поле, введены верные значения показателей, рядом с номером лабораторной работе появляется надпись красного цвета "**ЗАЧТЕНО**" (рис. Г.4). Это означает, что студент правильно выполнил расчеты по соответствующей лабораторной работе, о чем он должен сообщить преподавателю или предъявить преподавателю фотографию экрана с надписью "**ЗАЧТЕНО**".

По завершению расчетов студент приступает к оформлению раздела "РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ" бланка технической экспертизы ([приложение А](#)).