

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Е.С.Воеводин
« _____ » _____ 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**«Совершенствование методики оценки поперечной устойчивости
транспортных средств»**

23.04.01 Технология транспортных процессов

23.04.01.01 Оценка соответствия и экспертиза на транспорте

Научный руководитель _____ профессор, д.т.н. И.М.Блянкинштейн
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ И. А. Федотов
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент _____ зам.директора ООО «УНИК-АВТО» к.т.н. А.Г.Ковалев
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Красноярск 2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Совершенствование технологии оценки параметра статической поперечной устойчивости транспортных средств» содержит 76 страниц текстового документа, 42 использованных источника.

ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, ТРЕБОВАНИЯ ГОСТ, ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР, ПАРАМЕТР СТАТИЧЕСКОЙ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ, РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, РАЗРАБОТКА СПОСОБА ИСПЫТАНИЯ АТС НА СТАТИЧЕСКУЮ ПОПЕРЕЧНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ.

Актуальность работы. На сегодняшний день ГОСТами регламентирован лишь один метод оценки параметров статической поперечной устойчивости транспортных средств. Поэтому разработка и исследование альтернативных методик оценки параметров статической поперечной устойчивости транспортных средств является актуальным.

Целью диссертационной работы является совершенствование методики оценки параметров статической поперечной устойчивости транспортных средств.

Для достижения поставленной цели решены **задачи**:

- 1) Проведен литературно-патентный обзор и анализ существующих методов и технических средств для оценки статической поперечной устойчивости транспортных средств;
- 2) Разработан патентно-чистый способ испытания транспортных средств на статическую поперечную устойчивость, исключающий необходимость применения опрокидывающей платформы;
- 3) Обоснована (доказана) эквивалентность разработанного метода методу по ГОСТ 31507-2012;
- 4) Обоснована безопасность применяемой оснастки и оборудования для реализации разработанного метода оценки соответствия транспортного средства по параметрам статической поперечной устойчивости;
- 5) Проведена технико-экономическая оценка эффективности разработанного метода.

Основные результаты: рассмотрены существующие методики испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость, разработан новый альтернативный способ оценки параметра статической поперечной устойчивости транспортных средств, рассчитаны нагрузки, возникающие в разработанной системе, подобрано оборудование для оснастки разработанного стенда, спрогнозировано, какие значения параметров статической поперечной устойчивости будут получены при апробации предложенного метода, проведена технико-экономическая оценка трех методов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Обзор по теме исследования. Постановка задач	9
1.1 Анализ нормативных документов	9
1.2 Литературно-патентный обзор опрокидывателей и кантователей транспортных средств и способов испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость	10
1.3 Анализ технических решений и их классификация	13
1.4 Анализ прототипа	20
2 Теоретические основы разработки альтернативного метода испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость	23
2.1 Обоснование возможности применения альтернативных методов испытания	23
2.2 Предлагаемый способ испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость	24
2.3 Варианты реализации предлагаемого способа	26
2.4 Конструкторские расчеты	31
2.4.1 Расчет осей колес платформ на срез	31
2.4.2 Подбор ширины строп, используемых для опрокидывания	32
2.4.3 Расчет осей блоков, на срез	32
2.4.3.2 Расчет осей блоков, используемых в системе, предотвращающей самопроизвольное прокатывание платформ	36
2.4.4 Расчет диаметров фундаментных анкерных шпилек для крепления кронштейнов блоков страховочной системы	41
2.4.5 Подбор страховочных канатов	44
2.5 Подбор технологического оборудования и средств измерения для оснастки предлагаемого способа	44
3 Методики экспериментальных исследований	47
3.1 Методика исследования по ГОСТ 31507-2012	47
3.1.1 Общие положения	47
3.1.2 Требования к испытательному оборудованию и погрешности измерений	50
3.1.3 Условия проведения испытаний	50
3.1.4 Методика испытаний	51
3.2 Методика исследования по патенту № 2573028	54
3.3 Методика исследования по предлагаемому способу	58
4 Результаты исследований. Технико-экономическая оценка методов испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость	60
4.1 Результаты испытаний	60
4.2 Расчет стоимости технологического оборудования и средств измерения для проведения испытаний на статическую поперечную устойчивость по методике, представленной в ГОСТ 31507-2012	67

4.3 Расчет стоимости технологического оборудования и средств измерения для проведения испытаний по методике, представленной в патенте.....	67
4.4 Расчет стоимости технологического оборудования и средств измерения для оснастки предлагаемым методом	68
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	72

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Подвижной состав промышленных предприятий, а так же личный автомобильный транспорт зачастую претерпевает изменения в конструкции. Все эти изменения направлены на изменение тех или иных параметров транспортного средства. Большая часть изменений в конструкции грузовой и пассажирской техники касается замены надстроек с большим количеством вариаций, как по функциональному назначению, так и по массогабаритным параметрам. Также изменениям подвергается трансмиссия, подвеска, силовые агрегаты и другие изменения в системах транспортного средства. Все эти работы практически всегда проводятся в региональных специализированных станциях технического обслуживания и ремонта, где для изменения конструкции автомобиля специалистами выполняются все основные технологические операции.

Несмотря на то, что целью изменений в конструкции транспортного средства является улучшение функциональных, эксплуатационных, экономических и других показателей транспортного средства, процесс переоборудования зачастую может влиять на параметры безопасности автотранспортных средств. Можно утверждать, что огромная часть изменений, вносимых в конструкцию транспортных средств может существенно изменить показатели безопасности транспортного средства. Это происходит за счет изменения технических характеристик автомобиля в связи с возможным изменением массогабаритных параметров, распределения нагрузки, изменения координат центра тяжести. В связи с этим появляется необходимость оценки соответствия переоборудованных транспортных средств установленным требованиям безопасности. А именно, в части управляемости и устойчивости.

Цель диссертационной работы : повышение безопасности эксплуатации транспортных средств на основе совершенствования методики оценки статической поперечной устойчивости транспортных средств.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Сделать литературно-патентный обзор и провести анализ существующих методов и технических средств для оценки статической поперечной устойчивости транспортных средств;
- 2) Разработать патентно-чистый способ испытания транспортных средств на статическую поперечную устойчивость, исключающий необходимость применения опрокидывающей платформы;
- 3) Обосновать (доказать) эквивалентность разработанного метода методу по ГОСТ 31507-2012;
- 4) Обосновать безопасность применяемой оснастки и оборудования для реализации разработанного метода оценки соответствия транспортного средства по параметрам статической поперечной устойчивости;

5) Провести апробацию и технико-экономическую оценку эффективности разработанного метода.

Объект исследования – Процедура испытаний транспортных средств с внесенными в конструкцию изменениями на статическую поперечную устойчивость.

Предмет исследования – закономерности изменения параметров испытаний транспортных средств с внесенными в конструкцию изменениями на статическую поперечную устойчивость.

Научная гипотеза – возможно создание альтернативного метода испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость, исключающего необходимость применения опрокидывающей платформы, позволяющего получить достоверные результаты испытаний и снизить затраты на их проведение.

Научные положения, выносимые на защиту:

- Возможна разработка альтернативного метода испытаний, обеспечивающего достоверность результатов, эквивалентную методу по ГОСТ 31507-2012;

- Применение в условиях эксплуатации разработанного альтернативного метода позволяет снизить затраты на испытания транспортных средств с внесенными в конструкцию изменениями на статическую поперечную устойчивость и обеспечить их эксплуатационную безопасность.

Методы исследования: Математическое моделирование устойчивости транспортного средства на основе теории автомобиля и теоретической механики; Графическое компьютерное моделирование; Экспериментальные исследования; Натурный эксперимент; Теория вероятностей и математической статистики.

Апробация – Результаты работы докладывались и обсуждались на международной НТК «Молодежь и наука», апрель 2018 г., на всероссийской НТК с международным участием «Борисовские чтения», Красноярск, 2019 г.

Научная новизна – Разработан альтернативный метод испытания транспортных средств с внесенными в конструкцию изменениями на статическую поперечную устойчивость, оригинальность которого подтверждена патентом № 2693140

Практическая ценность – Разработанный альтернативный метод позволяет оценивать показатели статической поперечной устойчивости транспортных средств в условиях эксплуатации, с высокой достоверностью, при минимуме затрат.

Публикации – Основные результаты работы опубликованы в двух статьях: «Способ испытания автомобиля на устойчивость» [41] и «Alternative method for evaluation of vehicle static transverse stability» [42], а также в описании патента к изобретению [8].

1 Обзор по теме исследования. Постановка задач

Оценка параметров статической поперечной устойчивости транспортных средств относится к одним из важнейших факторов обеспечения безопасности, как при конструировании, так и при эксплуатации транспортных средств.

Наиболее существенный вклад в развитие теории поперечной статической устойчивости автотранспортных средств у нас в стране и за рубежом внесли: Павлов В.А., Гинцбург Л.Л., Кисуленко Б.В., Плавельский Е.П., Плавельский А.Е., Никульников Э.Н., Рубцов С.В., Гришкевич А.И., Литвинов А.С., Фаробин Я.Е., Delisle, G., Pearson, J.R, Ervin, R.D, Kemp, R.N., Chinn, B.P., Brock, G. В их трудах содержится много ценных сведений прикладного значения. Они посвящены, в основном, определению показателей динамической управляемости и устойчивости, однако вопросам статической устойчивости, в частности поперечной статической устойчивости автотранспортных средств, находящихся в эксплуатации с внесенными изменениями в конструкцию, не уделено достаточного внимания.

1.1 Анализ нормативных документов

Во всем мире на законодательном уровне разработаны и применяются нормативные документы, устанавливающие требования к параметрам безопасности транспортных средств, в частности к управляемости и устойчивости транспортных средств и процедурам оценки этих свойств. Так, в Соединенных Штатах Америки сообщество автомобильных инженеров (SAE) эти требования сформулированы стандартом J2180 [1], в Европе – Правилами ООН № 111 [2]. В России технические требования к устойчивости транспортных средств изложены в техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 018/2011 [3], а метод испытания на статическую поперечную устойчивость – в ГОСТ 31507-2012 [4].

В Правилах ООН №111 отражена классическая процедура проведения испытаний на статическую поперечную устойчивость, заключающаяся в использовании стенда с опрокидывающейся платформой. Эти правила устанавливают жесткие требования в отношении поперечной статической устойчивости автоцистерн категории N2, N3, O3, O4, предназначенных для перевозки опасных грузов.

ГОСТ 31507-2012 регламентирует способ использования стенда с жесткой платформой, размеры которой позволят полностью разместить транспортное средство. ГОСТ 31507-2012 распространяется на автотранспортные средства (далее АТС) категории МG, N и O, соответственно, размеры стенда должны соответствовать максимальным габаритам АТС.

Стандарт SAE J2180 распространяется на крупнотоннажные АТС. Процедура проведения испытаний допускает вариант с использованием стенда с жесткой платформой, соответствующей габаритам автомобиля, а также вариант с применением нескольких малогабаритных платформ, которые размещаются только под осями автомобиля. Наклон автомобиля осуществляется синхронно. Этим достигается снижение металлоемкости конструкции испытательного стенда.

Во всех трех рассмотренных нормативных документах предусматривается применение стенда с опрокидывающей платформой, конструкция которого должна обеспечивать полноценное проведение испытаний.

Стенды с опрокидывающей платформой не получили широкого распространения из-за неудобства применения, дороговизны, громоздкости. Альтернативные методы определения угла статической поперечной устойчивости АТС отсутствовали. Кроме того, этот параметр не определяется при технических осмотрах АТС. Все это обуславливает актуальность проблемы оценки устойчивости транспортных средств с внесенными в конструкцию изменениями в условиях эксплуатации.

1.2 Литературно-патентный обзор опрокидывателей и кантователей транспортных средств и способов испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость

Был проведен литературно-патентный обзор на тему «Опрокидыватели и кантователи транспортных средств» и способы испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость». Были найдены российские и зарубежные патенты на кантователи и опрокидыватели транспортных средств, а так же на способы испытания транспортных средств на статическую поперечную устойчивость. Были изучены действующие образцы кантователей, опрокидывателей и автомобилеразгрузчиков различных моделей. Результаты литературно-патентного поиска представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Справка о литературно-патентном поиске

Предмет поиска	Страна поиска	Классификационные индексы МПК	По фонду какой организации проведен поиск	Источники информации (выходные данные)	
				Научно-техническая документация	Патентная документация
1	2	3	4	5	6
Кантователь с подъемными центрами[12]	РФ	B23K 37/04	ФИПС	-	Патент 104885 Заявл. 02.12.2010 Опубл. 27.05.2011 Бюл. №15

Продолжение таблицы 1.1

Предмет поиска	Страна поиска	Классификационные индексы МПК	По фонду какой организации проведен поиск	Источники информации (выходные данные)	
				Научно-техническая документация	Патентная документация
1	2	3	4	5	6
Опрокидыватель [13]	РФ	B60S 13/00 B60S 5/00	ФИПС	-	Патент 2307039 Заявл. 08.12.2005 Опубл. 27.09.2007
Опрокидыватель [14]	РФ	B60S 13/00	ФИПС	-	Патент 2005138192 Заявл. 08.12.2005 Опубл. 26.07.2007
Автомобилеразгрузчик [15]	РФ	B65G 67/48	ФИПС	-	Патент 94029153 Заявл. 03.08.1994 Опубл. 10.09.1996
Опрокидыватель для автомобилей [16]	СССР	B66F 7/22	ФИПС	-	Патент 1532537 Заявл. 06.04.1987 Опубл. 30.12.1989
Подъемник-опрокидыватель для автомобилей [17]	СССР	B66F 7/22	ФИПС	-	Патент 1217777 Заявл. 04.09.1984 Опубл. 15.03.1986
Подъемник-опрокидыватель для легковых автомобилей [18]	РФ	B66F 7/22	ФИПС	-	Патент 2982 Заявл. 19.06. 1995 Опубл. 16.10.1996
Универсальный стационарный цанговый опрокидыватель транспортного средства [19]	РФ	B66F 7/22	ФИПС	-	Патент 101029 Заявл. 27.08.2010 Опубл. 10.01.2001
Опрокидыватель для автомобилей [20]	РФ	B66F 7/22	ФИПС	-	Патент 2081810 Заявл. 29.09.1994 Опубл. 20.06.1997

Продолжение таблицы 1.1

Предмет поиска	Страна поиска	Классификационные индексы МПК	По фонду какой организации проведен поиск	Источники информации (выходные данные)	
				Научно-техническая документация	Патентная документация
1	2	3	4	5	6
Кантователь транспортного средства [21]	РФ	B66F 7/22	ФИПС	-	Патент 2043296 Заявл. 18.10.1991 Опубл. 10.09.1995
Опрокидыватель для автомобилей [22]	РФ	B66F 7/22	ФИПС	-	Патент 94036857 Заявл. 29.09.1994 Опубл. 10.07.1996
Опрокидыватель для автомобилей [23]	РФ	B66F 7/22	ФИПС	-	Патент 55352 Заявл. 10.01.2006 Опубл. 10.08.2006
Подъемник-опрокидыватель для легковых автомобилей [24]	РФ	B66F 7/22	ФИПС	-	Патент 167367 Заявл. 23.05.2016 Опубл. 10.01.2017
Опрокидыватель [25]	РФ	E04H 6/06	ФИПС	-	Патент 2000107475 Заявл. 27.03.2000 Опубл. 27.03.2002
Опрокидыватель [26]	РФ	E04H 6/06	ФИПС	-	Патент 2000125730 Заявл. 12.10.2000 Опубл. 20.09.2002
Автомобилеразгрузочный весовой комплекс [27]	РФ	G01G 19/02	ФИПС	-	Патент 2453817 Заявл. 22.04.2011 Опубл. 20.06.2012
Направляющая платформа для проверки автомобильных транспортных средств	US	B63C 3/00	Патентные базы США	-	Патент US 6,561,750 B1 Заявл. 05.10.2000 Опубл. 13.05.2003

Окончание таблицы 1.1

Предмет поиска	Страна поиска	Классификационные индексы МПК	По фонду какой организации проведен поиск	Источники информации (выходные данные)	
				Научно-техническая документация	Патентная документация
1	2	3	4	5	6
Способ определения координат центра тяжести автомобиля и устройство для осуществления способа	UA	G01M 1/12	Патентные базы Украины	-	Патент 2001096304 Заявл. 13.09.2001 Опубл. 15.01.2005
Способ испытания транспортного средства (варианты)[6]	РФ	G01M 17/04 B66F 7/22	ФИПС	-	Патент 2573028 Заявл. 12.08.2014 Опубл. 20.01.2016

1.3 Анализ технических решений и их классификация

Рассмотрим действующие образцы кантователей и опрокидывателей автомобилей.

Электромеханический опрокидыватель для легковых автомобилей (модель 461). Данный опрокидыватель предназначен для наклона легковых автомобилей на угол до 60° при их техническом обслуживании и ремонте, продолжительность наклона на максимальный угол составляет 1,5 мин. Основными узлами подъемника являются стойка в сборе и рама. Стойка 2 расположена сбоку подъемной рамы 4 у середины ее продольных балок. По стойкам швеллеров рамы, приваренных к фундаментной плите, вертикально перемещается каретка, шарнирно соединенная с рамой. При этом происходит подъем и одновременный наклон рамы с автомобилем, который закреплен на ней двумя захватами 5, зажимающими колеса. Перемещение каретки осуществляется благодаря вращению установленного внутри стойки грузоподъемного винта, гайка которого закреплена в каретке. Привод винта от электродвигателя 1 мощностью 2,8 кВт через червячный редуктор. Автоматическое отключение электродвигателя при достижении рамой крайних положений осуществляется с помощью конечных выключателей, на которые воздействует каретка. Пульт управления 3 укреплен на стойке. Внешний вид данного опрокидывателя представлен на рисунке 1.1.

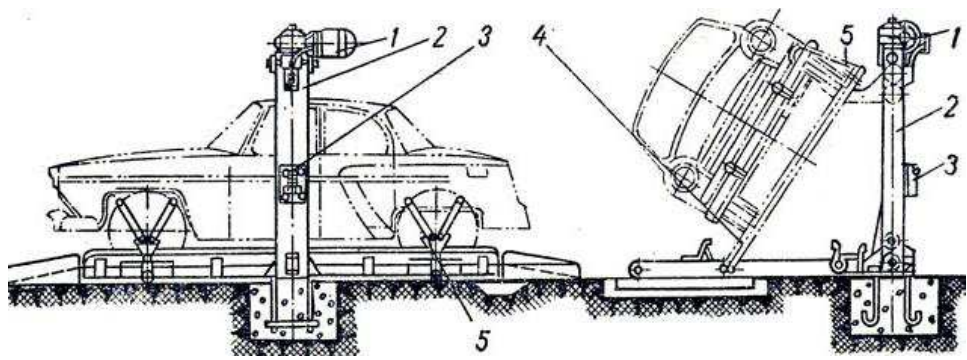


Рисунок 1.1 – Внешний вид опрокидывателя модели 461

Подъемник-кантователь механический. Данная модель подъемника предназначена для технического обслуживания автомобилей, а именно для удержания автомобиля в наклонном положении. Подъемник-кантователь содержит основание 8, 20, жесткозакрепленную на нем стойку 6 с кареткой 2, имеющие привод от домкрата 1, шарнирно связанную с кареткой поперечину 3, подкладываемую под автомобиль. Подъемник является передвижным с ручным приводом, грузоподъемность данного подъемника составляет 1 500 кг при сравнительно высокой величине подъема, около 780 мм. Габаритные размеры составляют 1 700x400x1 000 мм. Кроме того подъемник имеет небольшую массу – 74 кг и несложную конструкцию. При всех своих достоинствах подъемник обеспечивает подъем автомобиля на величину угла 78 градусов. Недостатком данного подъемника является то, что при работе с ним необходимо демонтировать передние двери с автомобиля. Внешний вид данного подъемника-кантователя представлен на рисунке 1.2.

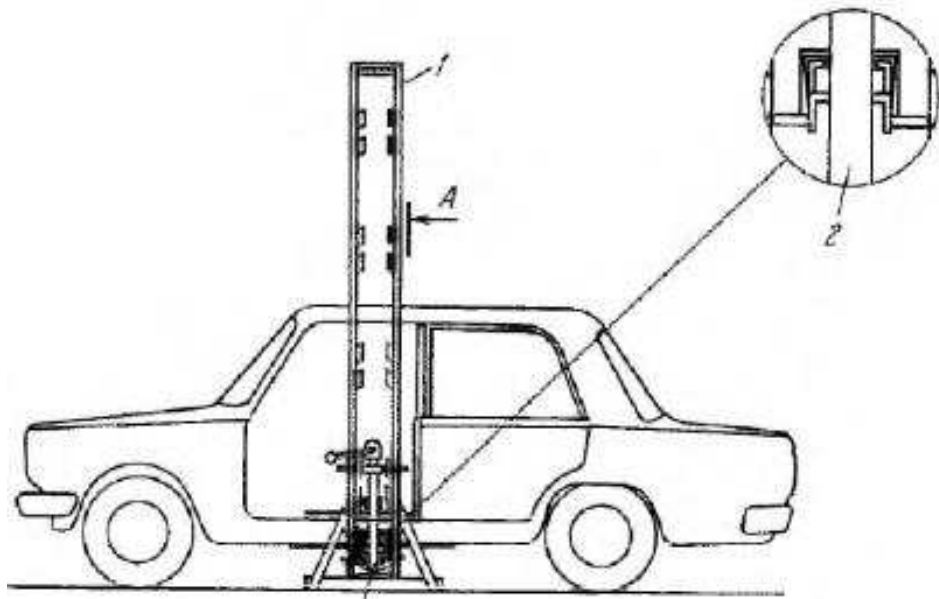


Рисунок 1.2 – Внешний вид подъемника - кантователя

Автомобилеразгрузчик модели РСА-81. Автомобилеразгрузчик гидравлический предназначен для механизированной боковой разгрузки бортовых автомобилей длиной до 19 м и более, общей массой до 65 тонн. Автомобильный разгрузчик РСА-81 может применяться для разгрузки различных видов сельскохозяйственной продукции, строительных материалов, угля и других видов сыпучих или кусковых материалов. Автомобиль с прицепом, полуприцепом или без прицепа, подлежащий разгрузке, въезжает на платформу автомобилеразгрузчика и надежно фиксируется стояночным тормозом. От бокового перемещения автомобиль фиксируется упорным устройством (столом). С пульта управления автомобилеразгрузчика РСА-81 устанавливается положение упорного стола, необходимое для надежной фиксации автомобиля, затем открывается боковой борт. С помощью гидравлической системы платформа автомобилеразгрузчика наклоняется гидроцилиндрами на необходимый для разгрузки угол. После разгрузки платформа и стол опускаются и автомобиль съезжает с платформы. Схема работы данного автомобилеразгрузчика представлена на рисунке 1.3.

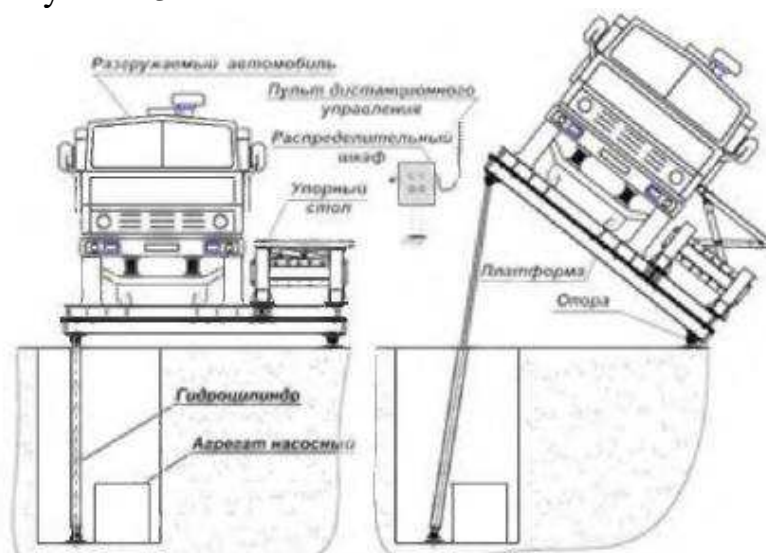


Рисунок 1.3 – Схема работы автомобилеразгрузчика модели РСА-81

Разгрузчик состоит из следующих основных узлов: платформы, упорного устройства (стола), опоры, гидроборудования с агрегатом насосным, электрооборудования с распределительным шкафом и пультом дистанционного управления, и трех гидроцилиндров подъема.

Автомобилеразгрузчик одноколейный гидравлический модели АВС-80[9]. Разгрузчик автомобилей АВС-80 предназначен для механизированной выгрузки зерна из одиночных автомобилей, автомобилей-полуприцепов, а также из автопоездов с одним или несколькими прицепами без их расцепки, через открытый боковой борт. Внешний вид разгрузчика АВС-80 представлен на рисунке 1.3.



Рисунок 1.4 – Внешний вид автомобилеразгрузчика ABC-80

Также существует мобильная версия – Автомобилеразгрузчик одноколейный гидравлический передвижной модели ABC-80П.

Стенд с подвижной платформой модели KRASYB 14SW. Стенд предназначен для испытания автомобилей на поперечную устойчивость. Данная установка содержит поворотную платформу, выполненную в виде объемной рамы. Подъем платформы осуществляется при помощи гидравлического привода. Внешний вид стенда KRASYB 14SW представлен на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 – Внешний вид стенда KRASYB 14SW

Стенд так же имеет ряд диагностического оборудования, снимающего показания на протяжении всего времени подъема автомобиля. Конструкция имеет габаритные размеры 2900x1850x400 мм и обладает высотой подъема 1100 мм, при этом максимальный угол подъема составляет 83 градуса. Кроме того, в устройстве стенда предусмотрены подушки безопасности со стороны крена автомобиля для остановки автомобиля в том случае, если его устойчивость будет потеряна. Достоинствами данного стенда может являться его оснащение диагностическим оборудованием, что дает возможность обрабатывать результаты испытания в момент их проведения. Конструкция стенда не отличается особой сложностью. Стенд является мобильным.

Стенд с подвижной платформой СО-50[10]. Стенд предназначен для определения угла поперечной устойчивости автомобиля. Данный стенд находится на балансе в лаборатории Дмитровского автополигона и состоит из поворотной платформы, упора для колес, выполненного в виде швеллера, гидравлического привода, пульта управления и ремней фиксаторов. Внешний вид стенда СО-50 представлен на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Стенд с подвижной платформой СО-50

Угол наклона платформы составляет 60 градусов. Недостатками конструкции являются большие габаритные размеры и масса, сложность конструкции, как самой платформы, так и привода механизма ее поворота вдоль оси.

Опрокидывающая платформа Челябинского испытательного центра[11]. Данный образец включает в себя металлическую платформу, имеющую возможность наклона на требуемый угол, аппарели для возможности заезда транспортного средства, кронштейны с проушинами под трос и кронштейны с цепями для страховки автомобиля от опрокидывания с одной

стороны платформы, а также упорные бордюры с другой стороны. Наклон платформы осуществляется при помощи автомобильного крана. Преимуществом данного сооружения является простота его изготовления. Недостатком данного сооружения является то, что весь процесс испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость проходит на открытом воздухе. Внешний вид данного сооружения представлен ниже на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – Опрокидывающая платформа Челябинского испытательного центра

Стенд определения поперечной статической устойчивости автотранспортных средств модели СОАТС-1 (СОАТС-2, СОАТС-4) (рисунки 1.8 и 1.9)[35].

Стенд предназначен для определения угла поперечной устойчивости транспортных средств. Данный стенд выпускается компанией ООО «БИА». Представляет собой громоздкую и довольно тяжелую конструкцию, состоящую из поворотной платформы, инкрементальных преобразователей угловых перемещений и гидравлической системы.

Комплектация стенда:

- поворотные платформы с опорной рамой;
- узел контроля и определения момента потери поперечной статической устойчивости объекта;
- узел удержания объекта на платформе с ремнем строповым и цепным;
- комплект инкрементальных преобразователей угловых перемещений;
- место оператора;
- дистанционный пульт управления стендом;
- гидравлическая система;
- программное обеспечение;
- прибор для определения угла наклона опрокидывания транспортного средства внесенный в Госреестр РФ;

- шкаф электрический силовой;
- шкаф системы управления;
- силовые кабели;
- комплект кабелей передачи данных;
- конструкторская документация;
- первичная аттестация стенда в соответствии с требованиями ГОСТ 8.568, ГОСТ 31507, программы первичной аттестации, методики первичной и периодической аттестации.

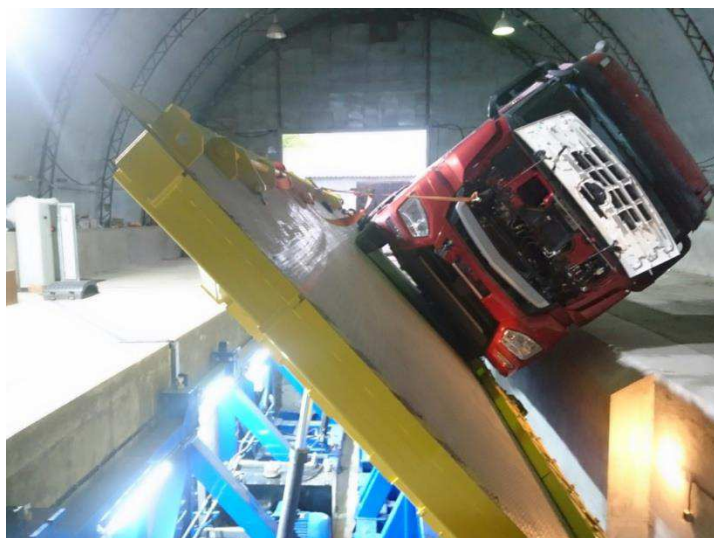


Рисунок 1.8 – Стенд определения поперечной статической устойчивости автотранспортных средств модели СОАТС-1

Модель	СОАТС-1	СОАТС-2	СОАТС-4
Кол-во поворотных платформ	одна	две	четыре
Скорость наклона платформы в режиме статического опрокидывания АТС	не более 0,5 °/с	не более 0,5 °/с	не более 0,5 °/с
Скорость наклона платформы в режиме динамического опрокидывания АТС	(2,0 ± 1,0) °/с	(2,0 ± 1,0) °/с	(2,0 ± 1,0) °/с
Наклон платформы	верхний предел 60°, предел допускаемых отклонений ± 0,25°	верхний предел 60°, предел допускаемых отклонений ± 0,25°	верхний предел 60°, предел допускаемых отклонений ± 0,25°
Грузоподъемность одной платформы	10 тонн	10 тонн	25 тонн
Напряжение	380 В	380 В	380 В
Частота	50 Гц	50 Гц	50 Гц
Мощность	25 кВт	45 кВт	78 кВт
Расположение платформ	в прямке	в прямке	в прямке
Масса стенда	21000 кг	43300 кг	85000 кг

Рисунок 1.9 – Характеристики стендов СОАТС-1, СОАТС-2 и СОАТС-4.

Все найденные в процессе литературно-патентного исследования идеи и образцы опрокидывателей можно классифицировать следующим образом:

По конструкции опорной поверхности :

- Платформенные;
- Рамные;

По назначению:

- Испытательные;
- Разгрузочные;
- Для кантования;
- Для технических воздействий на автомобиль;
- Для перемещения автомобиля.

По типу привода:

- Механические;
- Электромеханические;
- Гидравлические;
- Пневматические.

По подвижности:

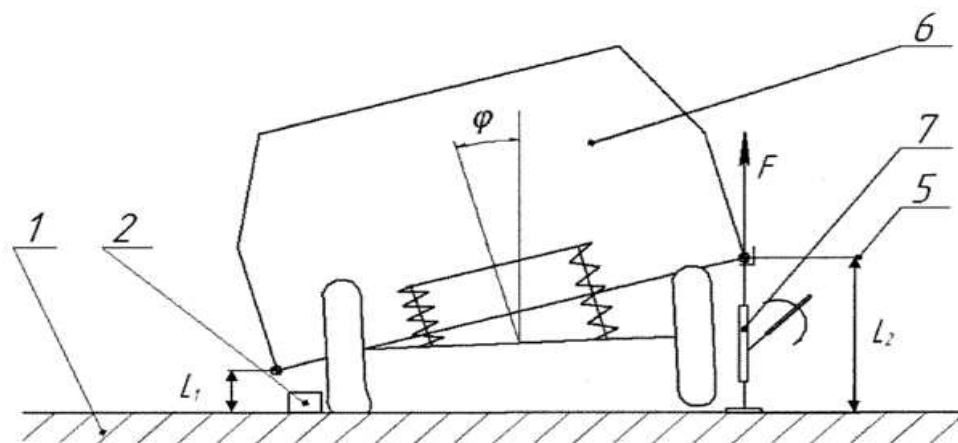
- Стационарные;
- Мобильные.

По объектам транспортирования (опрокидывания):

- Для грузовых автомобилей;
- Для легковых автомобилей;
- Универсальные.

1.4 Анализ прототипа

Наиболее близким техническим решением к разрабатываемому является способ испытания автомобиля, разработанный на кафедре «Транспорт» политехнического института Сибирского федерального университета [6]. Он включает в себя размещение испытуемого автомобиля на опорной горизонтальной поверхности (рисунок 1.10), создание опрокидывающего момента, возникающего при подъеме поднимаемой стороны испытуемого автомобиля до момента отрыва соответствующих колес от опорной горизонтальной поверхности, измерение угла φ крена поддресоренных масс испытуемого автомобиля в положении отрыва соответствующих колес его поднимаемой стороны от опорной горизонтальной поверхности и определение угла α_{cy} его статической поперечной устойчивости (по формуле 1) с учетом измеренного угла φ крена поддресоренных масс испытуемого автомобиля.



1 – опорная горизонтальная поверхность; 2 – опорный брусок; 3 – лебедка; 4 – трос; 5 – рулетка; 6 – испытуемое транспортное средство;

Рисунок 1.10 – Схема реализации предложенного способа

Недостатки прототипа. При этом необходимо отметить, что при реализации вышеописанного способа в момент отрыва колес одной стороны испытуемого автомобиля на опрокидываемую сторону приходится только часть массы испытуемого автомобиля, т. к. другая часть массы автомобиля приходится на нагрузочное устройство в виде домкрата, создающего опрокидывающий момент, тогда как при испытании автомобиля на стенде с опрокидывающей платформой по методике, регламентированной ГОСТ 31507-2012, в момент отрыва колес автомобиля на опрокидываемую сторону приходится вся масса автомобиля.

Вследствие этого недостатком вышеописанного способа может быть высокая погрешность измерения угла крена φ поддресоренной массы испытуемого автомобиля по сравнению с погрешностью измерения упомянутого угла, регламентированной ГОСТ 31507-2012, и, как следствие, низкая точность определения угла α_{cy} статической поперечной устойчивости испытуемого автомобиля. Другими словами, эквивалентность вышерассмотренного метода методу, регламентированному ГОСТ 31507-2012, не доказана [6].

Выводы по первой главе

В ходе литературно-патентного обзора по теме «Кантователи и опрокидыватели транспортных средств» были найдены, рассмотрены и проанализированы технические решения (19 решений) и действующие образцы (8 образцов), дана их простейшая классификация.

Был проведен анализ прототипа, выявлены его недостатки. А именно, высокая погрешность измерения угла крена поддресоренной массы и, как следствие, низкая точность определения угла статической поперечной устойчивости испытуемого автомобиля. В связи с этим поставлена под сомнение эквивалентность рассматриваемого способа.

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) Сделать литературно-патентный обзор и провести анализ существующих методов и технических средств для оценки статической поперечной устойчивости транспортных средств;

2) Разработать патентно-чистый способ испытания транспортных средств на статическую поперечную устойчивость, исключающий необходимость применения опрокидывающей платформы;

3) Обосновать (доказать) эквивалентность разработанного метода методу по ГОСТ 31507-2012;

4) Обосновать безопасность применяемой оснастки и оборудования для реализации разработанного метода оценки соответствия транспортного средства по параметрам статической поперечной устойчивости;

2 Теоретические основы разработки альтернативного метода испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость

2.1 Обоснование возможности применения альтернативных методов испытания

Правила ООН, регламентирующие методы испытаний автомобилей оговаривают возможность применения альтернативных процедур испытаний, но оговаривают, что эти процедуры должны быть эквивалентны регламентированным методам. При этом в Правилах ООН не говорится, как доказать эквивалентность альтернативного метода регламентированному, кто это должен делать и по каким критериям оценивать эквивалентность.

Положительными сторонами применения эквивалентных методов испытаний может быть:

- допустимость применения этих методов позволит производителям продукции и испытательным лабораториям снизить затраты на проведение испытаний;

- прогресс сферы производства АТС и оценки соответствия вследствие внедрения новых методов, оборудования, технологий испытания и оценки их соответствия установленным требованиям безопасности.

Отрицательными сторонами применения альтернативных методов испытаний может быть следующее:

- в большинстве правил ООН нет четко прописанных способов доказательства эквивалентности альтернативных методов испытаний, что может приводить к применению недостаточно обоснованных методов и, как следствие, к рискам выпуска в обращение продукции, не соответствующей требованиям безопасности;

- увеличение рисков снижения достоверности результатов испытаний вследствие возможного проявления субъективизма, которое заключается в том, что в разных испытательных лабораториях и у различных производителей продукции могут быть получены не согласующиеся между собой методы и результаты обоснования эквивалентности. Всё это может привести к снижению степени доверия к результатам испытаний и деятельности в сфере оценки соответствия установленным требованиям безопасности.

Поэтому формулируем понятие **эквивалентность** метода применительно к испытаниям транспортного средства на поперечную устойчивость:

- а) схема нагружения транспортного средства в альтернативном методе должна быть идентична схеме нагружения в регламентированном методе;

б) нагрузки, приходящиеся на элементы подвески в регламентированном и альтернативном методе должны быть идентичными.

Только при выполнении таких условий можно будет ожидать, что определяемые параметры поперечной устойчивости, определенные этими методами, будут иметь максимально близкие значения.

В заключение необходимо отметить, что вопросы обоснования эквивалентности и практического применения альтернативных методов испытаний автотранспортных средств и автокомпонентов являются крайне важными, требуют тщательного комплексного рассмотрения, научного обоснования, апробации и признания профессиональным сообществом. Сертификационному сообществу необходимо разработать и внести в Правила ООН допустимые (альтернативные, равноценные) методы испытаний, а также сами процедуры обоснования их эквивалентности, что даст возможность правомерно их применять, позволит снизить затраты, повысить достоверность и объективность оценок соответствия автотранспортных средств и автокомпонентов установленным требованиям безопасности.

В качестве базовой математической модели для определения параметров статической поперечной устойчивости будем использовать известную зависимость [5]:

$$a_{cy} = \arctg\left(\frac{b}{2h}\right) - \varphi, \quad (2.1)$$

где b – колея колес, приведенная к поперечному сечению АТС в плоскости, проходящей через его центр масс, мм;

h – высота центра масс над опорной поверхностью, мм;

φ – угол крена подрессоренных масс.

Для повышения достоверности альтернативного метода, являющегося прототипом, нам необходимо обеспечить возможность определения угла φ крена подрессоренных масс при нагрузках на подвеску, аналогичных нагрузкам при проведении испытаний по ГОСТ 31507-2012.

2.2 Предлагаемый способ испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость

Поставленная задача решается тем, что в способе испытания автомобиля на устойчивость, включающем размещение испытуемого автомобиля на опорной горизонтальной поверхности, создание опрокидывающего момента относительно продольной оси испытуемого автомобиля до момента отрыва колес одной его стороны от опорной горизонтальной поверхности посредством приложения усилия к подрессоренной части испытуемого автомобиля перпендикулярно его продольной оси в плоскости, проходящей через геометрический центр

масс, измерение угла φ крена подрессоренных масс испытуемого автомобиля в положении отрыва колес одной его стороны от опорной горизонтальной поверхности и определение угла α_{cy} его статической поперечной с учетом измеренного угла φ крена подрессоренных масс испытуемого автомобиля, согласно предлагаемому решению, колеса одной из сторон испытуемого автомобиля устанавливают на неподвижную площадку или на опорную поверхность, а колеса его противоположной стороны – на соответствующие платформенные весы, установленные на подкатной (подкатных) площадке(площадках), которой (которыми) оснащен автомобильный подъемник. Для создания опрокидывающего момента относительно продольной оси испытуемого транспортного средства используют автомобильный подъемник, кинематически связанный посредством по крайней мере двух грузоподъемных строп с подрессоренной частью испытуемого автомобиля. Для предотвращения неконтролируемого опрокидывания испытуемого автомобиля и самопроизвольного прокатывания по инерции подкатной площадки используют страховочную систему, состоящую по крайней мере из четырех страховочных канатов, проброшенных через соответствующие страховочные блоки. Далее осуществляют подъем одной стороны испытуемого автомобиля до его положения, близкого к неустойчивому равновесию, в котором посредством соответствующих платформенных весов фиксируют массу испытуемого автомобиля, близкую к его полной массе, в таком положении испытуемого автомобиля, близком к неустойчивому равновесию, измеряют угол φ крена его подрессоренных масс, с учетом измеренной величины угла φ крена подрессоренных масс испытуемого автомобиля определяют угол α_{cy} его статической поперечной устойчивости.

Преимуществом предлагаемого способа также является то, что при испытании автомобиля на статическую поперечную устойчивость отпадает необходимость использования крупногабаритных и технически сложных стендов с опрокидывающей платформой и, следовательно, снижаются затраты на проведение испытаний.

В предлагаемом способе использование автомобильного подъемника, кинематически связанного посредством по крайней мере двух грузоподъемных строп с подрессоренной частью испытуемого автомобиля, для подъема колес одной его стороны от неподвижной площадки и создания опрокидывающего момента относительно продольной оси испытуемого автомобиля, а также использование страховочной системы для предотвращения неконтролируемого опрокидывания испытуемого автомобиля и самопроизвольного прокатывания по инерции подкатной площадки обеспечивает положение испытуемого автомобиля, близкое к неустойчивому равновесию, в котором на соответствующие платформенные весы приходится масса испытуемого автомобиля, близкая к его полной массе. В таком положении испытуемого

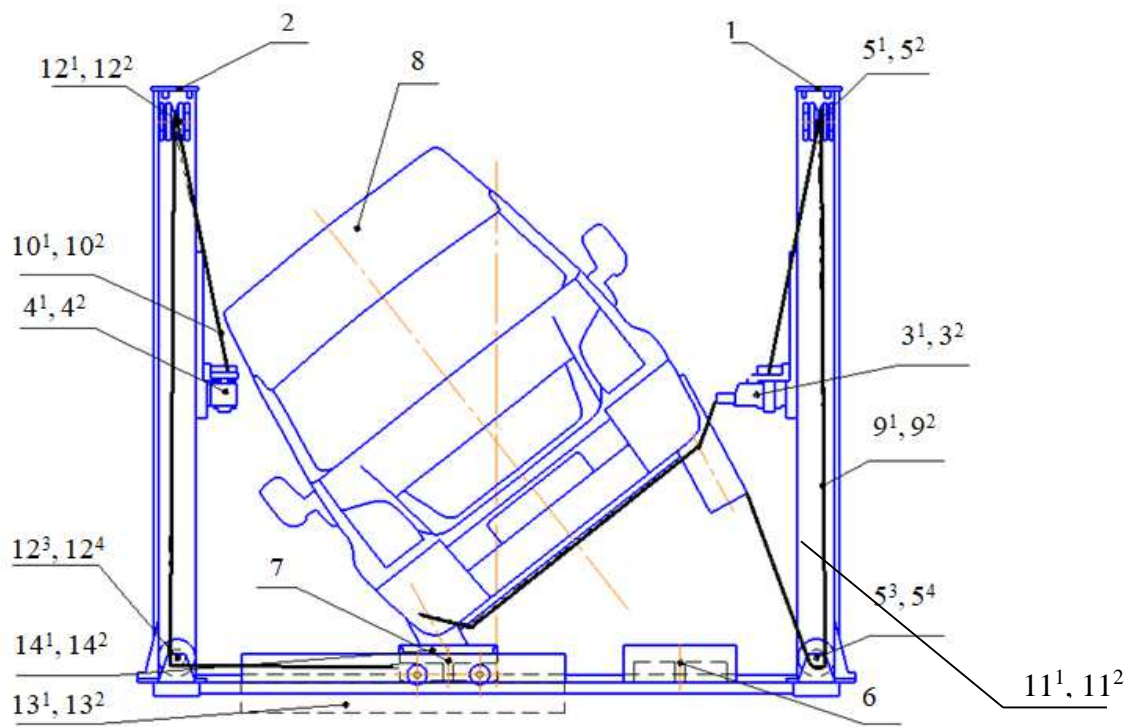
автомобиля, близком к неустойчивому равновесию, обеспечивается более высокая точность измерения угла φ крена подрессоренных масс, чем в методе, представленном в [6]. Это достигается посредством того, что при использовании предлагаемого способа, в момент измерений вся масса автомобиля приходится на одну его сторону, а, следовательно, деформация подвески и шин будут такими же, как и при использовании метода, регламентированного ГОСТ 31507-2012, что доказывает эквивалентность предложенного метода регламентированному ГОСТ 31507-2012.

2.3 Варианты реализации предлагаемого способа

В первом варианте осуществления рассматриваемого способа используют двухстоечный автомобильный подъемник (рисунки 2.1 и 2.2).

Также в этом варианте осуществления рассматриваемого способа соответствующие концы по крайней мере двух грузоподъемных строп, сброшенных под днищем испытуемого автомобиля и соответственно обхватывающих элементы подвески соответствующих колес противоположной стороны испытуемого автомобиля на соответствующих платформенных весах подкатной площадки, с натягом крепят к концам соответствующих лап одной из стоек двухстоечного автомобильного подъемника со стороны неподвижной площадки.

Кроме того, в этом варианте для предотвращения неконтролируемого опрокидывания испытуемого автомобиля по крайней мере два страховочных каната, сброшенных от соответствующих лап одной из стоек двухстоечного автомобильного подъемника через соответствующие страховочные блоки, крепят за соответствующие колеса одной стороны испытуемого автомобиля, а для предотвращения самопроизвольного прокатывания по инерции подкатной площадки по крайней мере два страховочных каната, сброшенных от соответствующих лап другой стойки двухстоечного автомобильного подъемника через соответствующие страховочные блоки, крепят на боковой стороне подкатной площадки.



1, 2 – Стойки подъемника; 3¹, 3², 4¹, 4² – Лапы подъемника; 5¹, 5², 5³, 5⁴, 12¹, 12², 12³, 12⁴ - Блоки страховочной системы; 6 – Неподвижная площадка; 7 – Подкатная площадка; 8 – Испытуемое транспортное средство; 9¹, 9², 10¹, 10² – Страховочные канаты; 11¹, 11² – Стропа; 13¹, 13² – Рельсы.

Рисунок 2.1 – Способ испытания автомобиля на устойчивость

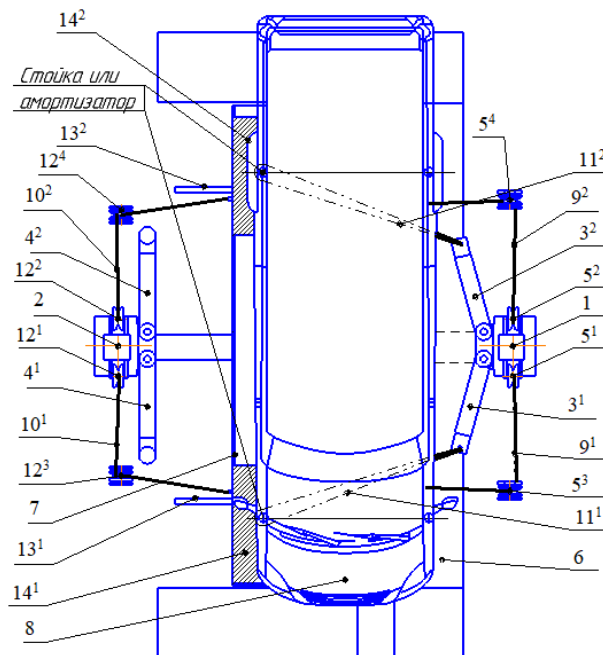


Рисунок 2.2 – Схема первого частного случая предлагаемого способа испытания автомобиля на устойчивость (вид сверху)

Во втором варианте осуществления рассматриваемого способа монтируют подкатную и неподвижную площадки снаружи одной из стоек двухстоечного автомобильного подъемника.

В этом варианте осуществления рассматриваемого способа соответствующие концы по крайней мере двух грузоподъемных строп, сброшенных под днищем испытываемого автомобиля и соответственно обхватывающих элементы подвески соответствующих колес противоположной стороны испытываемого автомобиля, с натягом крепят к концам соответствующих лап используемой стойки двухстоечного автомобильного подъемника со стороны неподвижной площадки соответственно.

Кроме того, в этом варианте для предотвращения неконтролируемого опрокидывания испытываемого автомобиля по крайней мере два страховочных каната, сброшенных от соответствующих лап используемой стойки двухстоечного автомобильного подъемника через соответствующие страховочные блоки, крепят за соответствующие колеса одной стороны испытываемого автомобиля, а для предотвращения самопроизвольного прокатывания по инерции подкатной площадки по крайней мере два страховочных каната, сброшенных через соответствующие страховочные блоки, расположенные на полу с противоположной стороны испытываемого автомобиля, крепят на боковой стороне подкатной площадки. Схемы второго частного случая осуществления предлагаемого способа представлены на рисунках 2.3 и 2.4.

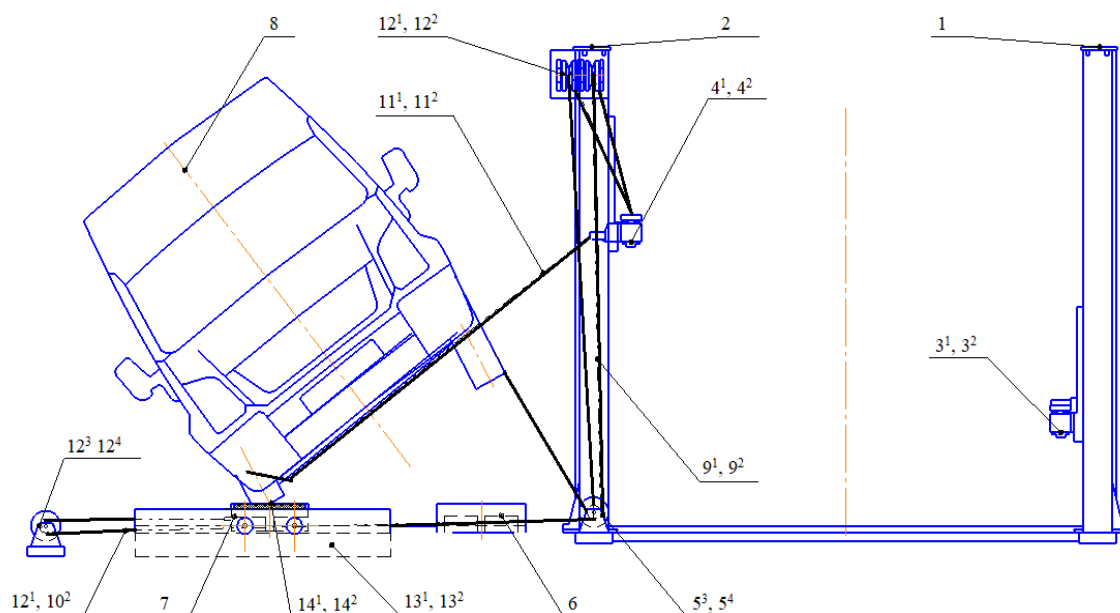


Рисунок 2.3 – Схема второго частного случая предлагаемого способа испытания автомобиля на устойчивость (вид спереди)

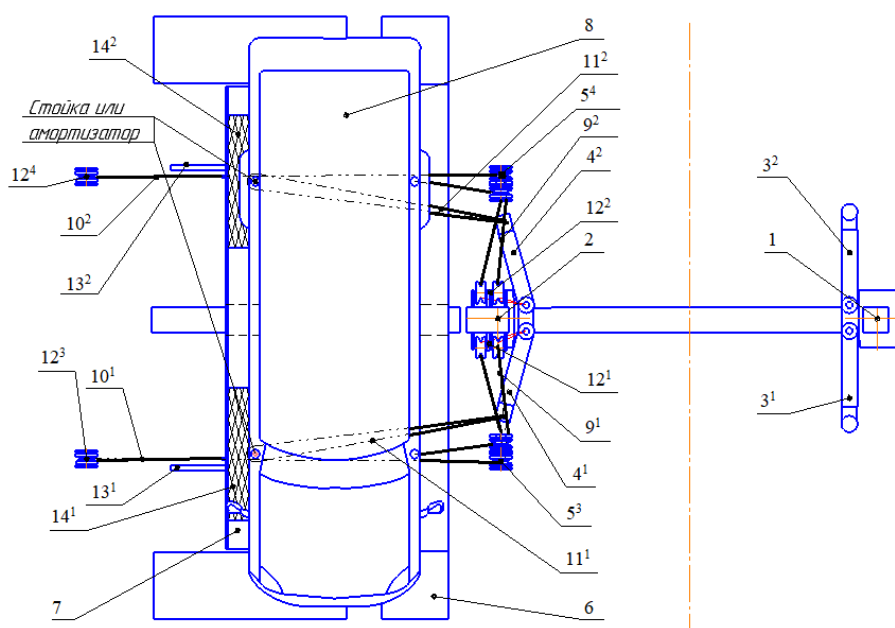
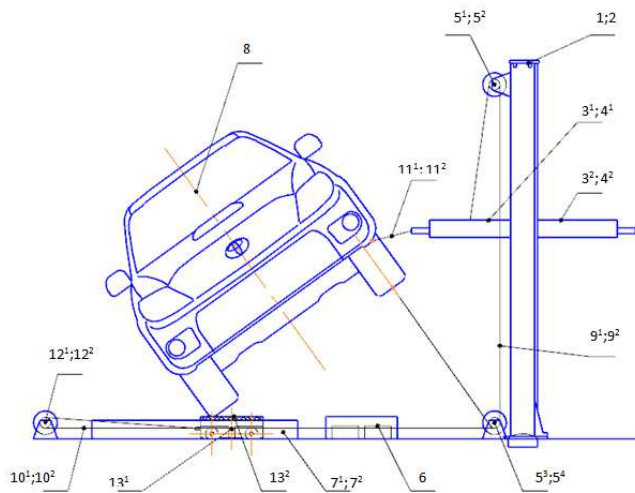


Рисунок 2.4 – Схема второго частного случая предлагаемого способа испытания автомобиля на устойчивость (вид сверху)

В третьем варианте осуществления рассматриваемого способа испытуемое транспортное средство располагается одной стороной на неподвижной платформе, а другой стороной на подкатных площадках, оснащенных платформенным весами, перед двухстоечным автомобильным подъемником поперек его продольной оси.

В этом варианте осуществления рассматриваемого способа соответствующие концы по крайней мере двух грузоподъемных строп, сброшенных под днищем испытуемого автомобиля и соответственно обхватывающих элементы подвески соответствующих колес противоположной стороны испытуемого автомобиля, с натягом крепят к концам соответствующим лап используемых стоек двухстоечного автомобильного подъемника со стороны неподвижной платформы.

Кроме того, в этом варианте осуществления рассматриваемого способа для предотвращения неконтролируемого опрокидывания испытуемого автомобиля по крайней мере два страховочных каната, сброшенных от соответствующих лап используемых стоек двухстоечного автомобильного подъемника через соответствующие страховочные блоки, крепят за соответствующие колеса одной стороны испытуемого автомобиля, а для предотвращения самопроизвольного прокатывания по инерции подкатных площадок по крайней мере два страховочных каната, сброшенных через соответствующие страховочные блоки, расположенные на полу противоположной стороны испытуемого автомобиля, крепят на боковой стороне подкатных площадок. Схемы третьего частного случая осуществления предлагаемого способа представлены на рисунках 2.5 и 2.6.



1, 2 – Стойки подъемника; 3¹, 3², 4¹, 4² – Лапы подъемника; 5¹, 5², 5³, 5⁴, 12¹, 12², 12³, 12⁴ – Блоки страховочной системы; 6 – Неподвижная площадка; 7¹, 7² – Аппараты; 8 – Испытуемое транспортное средство; 9¹, 9², 10¹, 10² – Страховочные канаты; 11¹, 11² – Стропа; 13¹, 13² – Платформы с весами.

Рисунок 2.5 – Схема третьего частного случая предлагаемого способа испытания автомобиля на устойчивость (вид спереди)

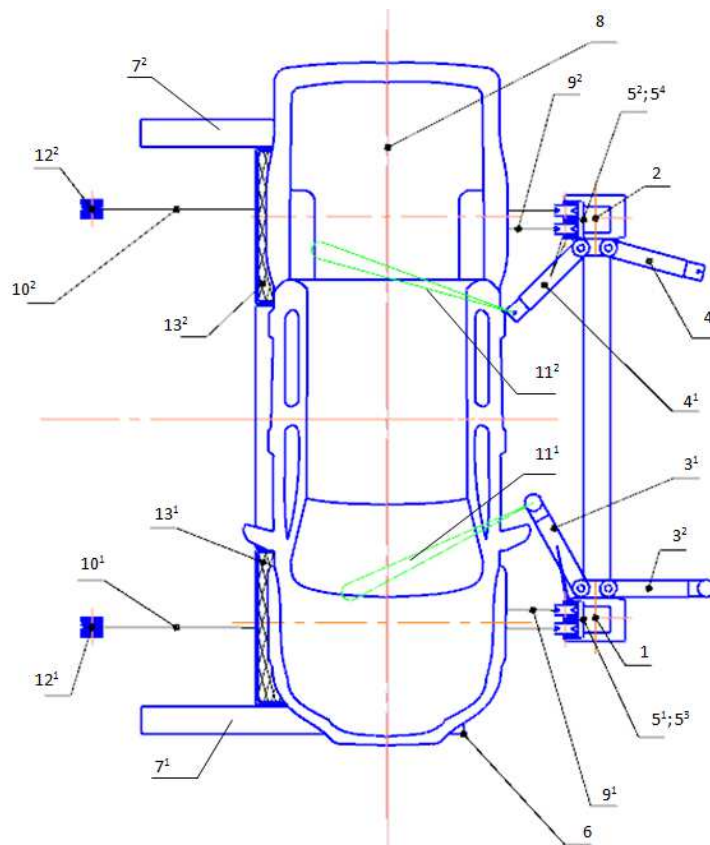


Рисунок 2.6 – Схема третьего частного случая предлагаемого способа испытания автомобиля на устойчивость (вид сверху)

2.4 Конструкторские расчеты

Конструкторские расчеты элементов конструкции стенда и оснастки проводим для обоснования безопасности применения разработанного способа испытаний.

В рамках данной магистерской диссертации для конструкторских расчетов будет применяться графо-аналитический метод. Суть его в следующем. Пространственные положения разработанного стенда, для которых необходимо провести расчеты, вычерчиваются в масштабе, исходя из известных геометрических параметров стенда и принятых габаритов испытуемого транспортного средства. Далее с чертежа берутся нужные для расчетов величины.

2.4.1 Расчет осей колес платформ на срез

Примем, что допустимая масса транспортного средства, которое может проходить испытания на данном стенде – 2000 кг. Массу каждой платформы примем равной 50 кг. В таком случае, в момент достижения автомобилем положения неустойчивого равновесия, на оси колес платформы будет действовать сила, равная 20580 Н. Примем, что 2/3 массы автомобиля приходится на переднюю платформу, то есть она несет нагрузку, равную 13720 Н. В то же время 1/3 массы автомобиля приходится на заднюю платформу, то есть она несет нагрузку, равную 6860 Н. Габариты транспортного средства для расчетов примем равными габаритам автомобиля Toyota-Hilux. Расчет будет проводиться для передней платформы. Платформа имеет 4 колеса, а значит каждая ось испытывает нагрузку $F = 1715$ Н. Тогда каждая ось диаметром D испытывает срез по двум плоскостям, каждая из которых равна площади поперечного сечения оси (рисунок 2.7), м²:

$$A_{\text{ср}} = \frac{2\pi D^2}{4} = \frac{\pi D^2}{2}. \quad (2.2)$$

где D – диаметр оси, м.[29]

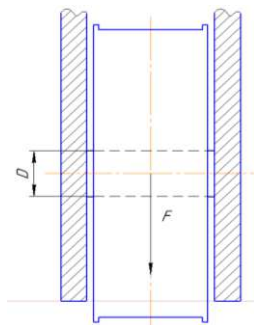


Рисунок 2.7 – Схема нагружения оси колеса платформы

Из условия прочности на срез, представленного в [29]:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{Q}{A_{\text{ср}}}, \quad (2.3)$$

где $Q = F$ – сила, под действием которой ось блока испытывает срез.

Отсюда:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{2F}{\pi D^2}. \quad (2.4)$$

По условию прочности: $\tau_{\text{ср}} \leq [\tau_{\text{ср}}]$. Для Стали 45 $[\tau_{\text{ср}}] = 85$ Мпа, согласно [30]. Тогда $D_{\text{из}}$ формулы (2.4) будет:

$$D = \sqrt{\frac{2F}{\pi[\tau_{\text{ср}}]}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1715}{3,14 \cdot 85 \cdot 10^6}} = 0,0036 \text{ м} = 36 \text{ мм}.$$

Принимаем $D = 5$ мм.

2.4.2 Подбор ширины строп, используемых для опрокидывания

Так как опрокидывание транспортного средства производится путем поднятия одной его стороны, то на стропы в данном случае максимальная нагрузка будет действовать в момент отрыва колес от опорной поверхности. Эта нагрузка будет равна половине массы транспортного средства. В дальнейшем по мере подъема эта нагрузка будет уменьшаться из-за перераспределения массы транспортного средства на противоположную сторону. В таком случае при максимальной полной массе транспортного средства 2000 кг, максимальная нагрузка будет равняться 1000 кг. При этом подъем осуществляется двумя лапами подъемника посредством двух отдельных строп, а значит на каждую стропу будет приходиться нагрузка 0,5т. Для такой нагрузки вполне подойдет стропа плоского сечения шириной 30 мм., рассчитанная на нагрузку 1 т. Однако, чтобы в процессе подъема избежать смятия частей кузова, нужно увеличить площадь контакта стропы с порогом.

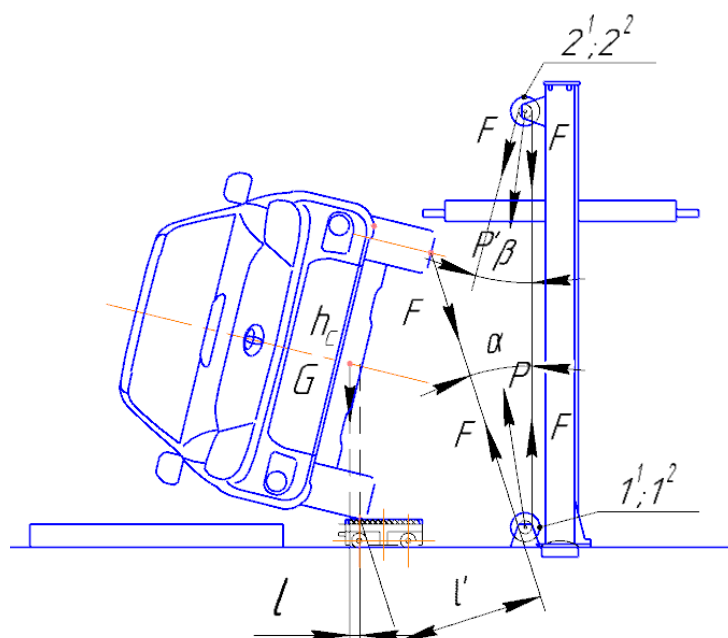
Поэтому выбираем стропы шириной 60 мм, рассчитанные на нагрузку 2 т, длиной 5 м. Для удобства крепления можно использовать с ними специальное натяжное устройство.

2.4.3 Расчет осей блоков, на срез

Блоки необходимы для правильной работы системы страховки транспортного средства от самопроизвольного опрокидывания, а также прокатывания подвижных платформ.

2.4.3.1 Расчет осей блоков, используемых в системе, предотвращающей самопроизвольное опрокидывание автомобиля

Опрокидывающая сила будет возникать в момент, когда транспортное средство перейдет положение неустойчивого равновесия. В самом начале она будет минимальна, и по мере опрокидывания транспортного средства она будет расти. Однако, благодаря тому, что автомобиль будет стоять на платформах, оснащенных весами, о прохождении им положения неустойчивого равновесия сразу станет известно, так как весы покажут его массу. Поэтому для обеспечения безопасности и работоспособности данного стенда необходимо лишь рассчитать нагрузки, которые возникают в страховочной системе при незначительном прохождении автомобилем положения неустойчивого равновесия (рисунок 2.8).



O – центр масс транспортного средства; 1¹, 1², 2¹, 2² – блоки страховочной системы.

Рисунок 2.8 – Схема нагружения блоков страховочной системы

Из рисунка 2.8 видно, что опрокидывающий момент в таком положении, согласно [31], будет равен, Н·м:

$$M_{\text{опр}} = G \cdot l, \quad (2.5)$$

где G – вес транспортного средства, равен 19600 Н.
 l – плечо опрокидывающей силы, м.

Величину l найдем из рисунка 2.8, выполненного в масштабе 1:50, то есть $l = 0,06681$ м.

Тогда опрокидывающий момент по формуле (2.5) будет равен

$$M_{\text{опр}} = 19600 \cdot 0,06681 = 1309,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сила, удерживающая транспортное средство от опрокидывания, образует момент сопротивления опрокидыванию, равный опрокидывающему моменту, но направленный в противоположную сторону. Из рисунка 2.8 видно, что этот момент будет находиться по формуле

$$M_{\text{сопр}} = M_{\text{опр}} = F \cdot l'. \quad (2.6)$$

где F – сила, создающая момент сопротивления опрокидыванию, Н,
 l' – плечо силы F , м.

Величину l' найдем из рисунка 2.8, выполненного в масштабе 1:50, то есть $l' = 0,9645$ м.

Преобразуя выражение (2.6), получаем:

$$F = \frac{M_{\text{опр}}}{l'}. \quad (2.7)$$

Из выражения (2.7) находим:

$$F = \frac{1309,5}{0,9645} = 1357,7 \text{ Н}.$$

Страховочная система состоит из двух независимых пар блоков, а значит на каждую пару блоков будет приходиться нагрузка, равная половине силы F . Сложив векторно силы F для первого и второго блока отдельно (рисунок 2.8), получим равнодействующие силы соответственно P и P' .

Для блоков $1^1, 1^2$, Н:

$$P = 2 \cdot \frac{F}{2} \cdot \cos\left(\frac{a}{2}\right), \quad (2.8)$$

где a – угол между частями страховочного каната в месте, где он пробрасывается через первый блок. Согласно рисунку 2.8, равен 17° .

Для блоков $2^1, 2^2$, Н:

$$P' = 2 \cdot \frac{F}{2} \cdot \cos\left(\frac{\delta}{2}\right), \quad (2.9)$$

где β – угол между частями страховочного каната в месте, где он пробрасывается через второй блок. Согласно рисунку 2.8, равен 14° .

Отсюда по формуле (2.9):

$$P_1 = P_2 = 2 \cdot \frac{1357,7}{2} \cdot \cos\left(\frac{17}{2}\right) \approx 1342,8 \text{ Н.}$$

Так же по формуле (2.9):

$$P'_1 = P'_2 = 2 \cdot \frac{1357,7}{2} \cdot \cos\left(\frac{14}{2}\right) \approx 1347,6 \text{ Н.}$$

Тогда ось каждого блока испытывает срез по двум плоскостям, каждая из которых равна площади поперечного сечения оси (рисунок 3.7):

$$A_{\text{ср}} = \frac{2\pi D^2}{4} = \frac{\pi D^2}{2}. \quad (2.10)$$

где D – диаметр оси блока, м.

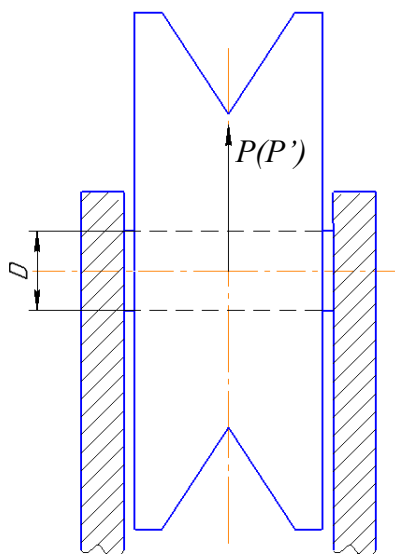


Рисунок 2.9 – Схема нагружения оси блока

Из условия прочности на срез, согласно [29]:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{Q}{A_{\text{ср}}} \leq [\tau_{\text{ср}}], \quad (2.11)$$

где $Q = P(P')$, – сила, под действием которой ось блока испытывает срез, Н,
 $\tau_{\text{ср}}$ – напряжение, возникающее при срезе, МПа,
 $[\tau_{\text{ср}}]$ – допустимое напряжение при срезе.

Отсюда:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D^2}. \quad (2.12)$$

По условию прочности: $\tau_{\text{ср}} \leq [\tau_{\text{ср}}]$. Для Стали 45 $[\tau_{\text{ср}}] = 85$ Мпа, согласно [30]. Тогда для каждого блока из пары $1^1, 1^2$ из формулы (2.12) будет, м:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\pi \cdot [\tau_{\text{ср}}]}}. \quad (2.13)$$

Тогда

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 1342,8}{3,14 \cdot 85 \cdot 10^6}} = 0,0031 \text{ м} = 3,1 \text{ мм.}$$

Принимаем для оси блоков $1^1, 1^2 D = 5$ мм.

Из формулы (2.12), для каждого блока из пары $2^1, 2^2$, м:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot P'}{\pi \cdot [\tau_{\text{ср}}]}}. \quad (2.14)$$

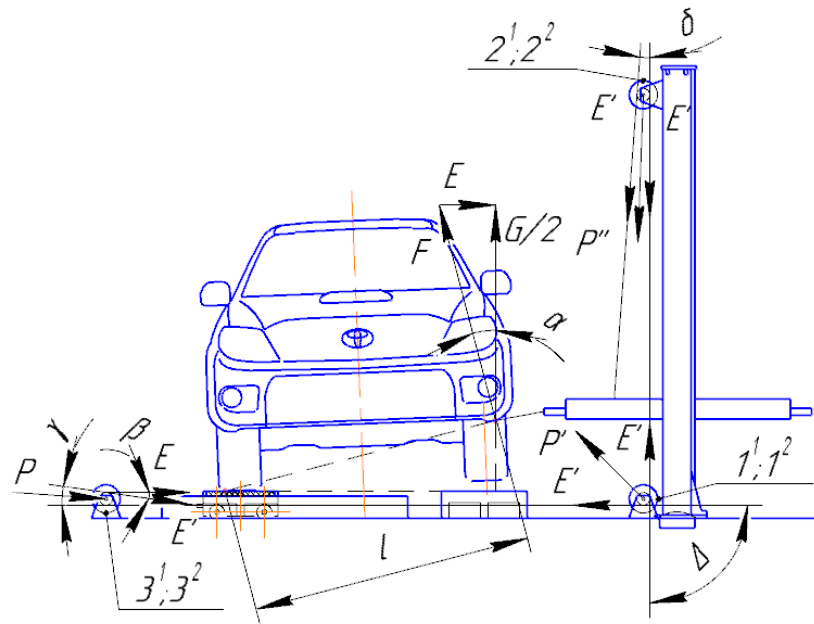
Тогда

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 1347,6}{3,14 \cdot 85 \cdot 10^6}} = 0,0032 \text{ м} = 3,2 \text{ мм.}$$

Принимаем для оси блоков $2^1, 2^2 D = 5$ мм.

2.4.3.2 Расчет осей блоков, используемых в системе, предотвращающей самопроизвольное прокатывание платформ

Максимальные силы, возникающие во всех элементах платформы, будут возникать в самый начальный момент подъема одной стороны транспортного средства. По мере опрокидывания транспортного средства они будут снижаться. Поэтому для обеспечения безопасности и работоспособности данного стенда необходимо лишь рассчитать нагрузки, которые возникают в страховочной системе именно в этот момент (рисунок 2.10).



1¹, 1², 2¹, 2², 3¹, 3² – блоки страховочной системы.

Рисунок 2.10 – Схема нагружения блоков страховочной системы

Из схемы на рисунке 2.10 видно, что опрокидывающий момент в таком положении, согласно [12], будет равен, Н·м:

$$M_{\text{опр}} = F \cdot l, \quad (2.15)$$

где F – опрокидывающая сила, Н.
 l – плечо опрокидывающей силы, м.

Величину l найдем из рисунка 2.10, выполненного в масштабе 1:50, то есть $l = 1,8755$ м.

Опрокидывающую силу F , согласно рисунку 2.10, найдем следующим образом, Н:

$$F = \frac{G}{2 \cos a}, \quad (2.16)$$

где a – угол приложения опрокидывающей силы F , из рисунка 2.10 равен 14°.

Тогда опрокидывающая сила по формуле (2.16) будет равна, Н:

$$F = \frac{19600}{2 \cdot 0,97} = 10103,1 \text{ Н.}$$

Сила, прокатывающая платформы из рисунка 2.10 будет находиться по формуле, Н:

$$E = \sqrt{F^2 - \left(\frac{G}{2}\right)^2}, \quad (2.17)$$

то есть

$$E = \sqrt{10103,1^2 - \left(\frac{19600}{2}\right)^2} = 2456,14 \text{ Н.}$$

Из рисунка 2.10 видно, что сила, удерживающая платформы от прокатывания будет находиться по формуле, Н:

$$E' = \frac{E}{\cos(\beta)}, \quad (2.18)$$

Угол β , согласно рисунку 2.10, выполненному в масштабе 1:50, равен 8° .

то есть:

$$E' = \frac{2456,14}{\cos(8)} = 2480,2 \text{ Н.}$$

Страховочная система состоит из двух независимых систем блоков, а значит на каждую систему блоков будет приходиться нагрузка, равная половине силе E' . Сложив векторно силы E' для первого, второго и третьего блоков в каждой системе отдельно (рисунок 2.10), получим равнодействующие силы соответственно P , P' и P'' .

Для блоков $1^1, 1^2$, Н:

$$P' = 2 \cdot \frac{E'}{2} \cdot \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right), \quad (2.19)$$

где Δ – угол между частями страховочного каната в месте, где он пробрасывается через первый блок. Согласно рисунку 2.10, равен 90° .

Для блоков $2^1, 2^2$, Н:

$$P'' = 2 \cdot \frac{E'}{2} \cdot \cos\left(\frac{\delta}{2}\right), \quad (2.20)$$

где δ – угол между частями страховочного каната в месте, где он пробрасывается через второй блок. Согласно рисунку 2.10, равен 4° .

Для блоков $2^1, 2^2, \text{H}$:

$$P = 2 \cdot \frac{E'}{2} \cdot \cos\left(\frac{\gamma}{2}\right), \quad (2.21)$$

где γ – угол между частями страховочного каната в месте, где он пробрасывается через второй блок. Согласно рисунку 2.10, равен 8° .

Отсюда по формуле (2.21):

$$P_1' = P_2' = 2 \cdot \frac{2480,2}{2} \cdot \cos\left(\frac{90}{2}\right) \approx 1753,8 \text{ Н.}$$

Так же по формуле (2.18):

$$P_1'' = P_2'' = 2 \cdot \frac{2480,2}{2} \cdot \cos\left(\frac{4}{2}\right) \approx 2478,7 \text{ Н.}$$

Так же по формуле (2.19):

$$P_1 = P_2 = 2 \cdot \frac{2480,2}{2} \cdot \cos\left(\frac{8}{2}\right) \approx 2474,2 \text{ Н.}$$

Тогда ось каждого блока испытывает срез по двум плоскостям, каждая из которых равна площади поперечного сечения оси (рисунок 2.11):

$$A_{\text{ср}} = \frac{2\pi D^2}{4} = \frac{\pi D^2}{2}. \quad (2.22)$$

где D – диаметр оси блока, м.

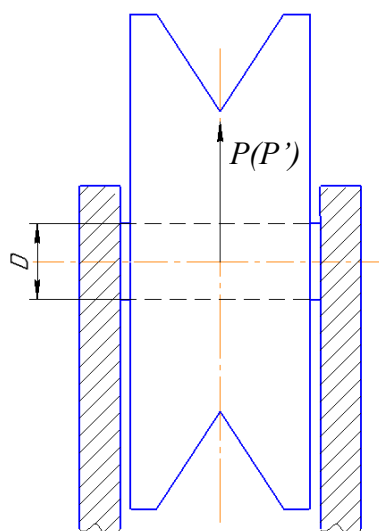


Рисунок 2.11 – Схема нагружения оси блока

Из условия прочности на срез, согласно [29]:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{Q}{A_{\text{ср}}} \leq [\tau_{\text{ср}}], \quad (2.23)$$

где $Q = P(P')$, – сила, под действием которой ось блока испытывает срез, Н,
 $\tau_{\text{ср}}$ – напряжение, возникающее при срезе, МПа,
 $[\tau_{\text{ср}}]$ – допустимое напряжение при срезе.

Отсюда:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D^2}. \quad (2.24)$$

По условию прочности: $\tau_{\text{ср}} \leq [\tau_{\text{ср}}]$. Для Стали 45 $[\tau_{\text{ср}}] = 85$ Мпа ,
согласно [30]. Тогда для каждого блока из пары 1¹, 1² Диз формулы (2.24)
будет, м:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot P'}{\pi \cdot [\tau_{\text{ср}}]}}. \quad (2.25)$$

Тогда

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 1753,8}{3,14 \cdot 85 \cdot 10^6}} = 0,0036 \text{ м} = 3,8 \text{ мм.}$$

Принимаем для оси блоков 1¹, 1² $D = 5$ мм.

Из формулы (2.24), для каждого блока из пары 2¹, 2², м:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot P''}{\pi \cdot [\tau_{\text{ср}}]}}. \quad (2.26)$$

Тогда

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 2474,2}{3,14 \cdot 85 \cdot 10^6}} = 0,0043 \text{ м} = 4,3 \text{ мм.}$$

Принимаем для оси блоков 2¹, 2² $D = 5$ мм.

Из формулы (2.26), для каждого блока из пары 3¹, 3², м:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\pi \cdot [\tau_{\text{ср}}]}}. \quad (2.27)$$

Тогда

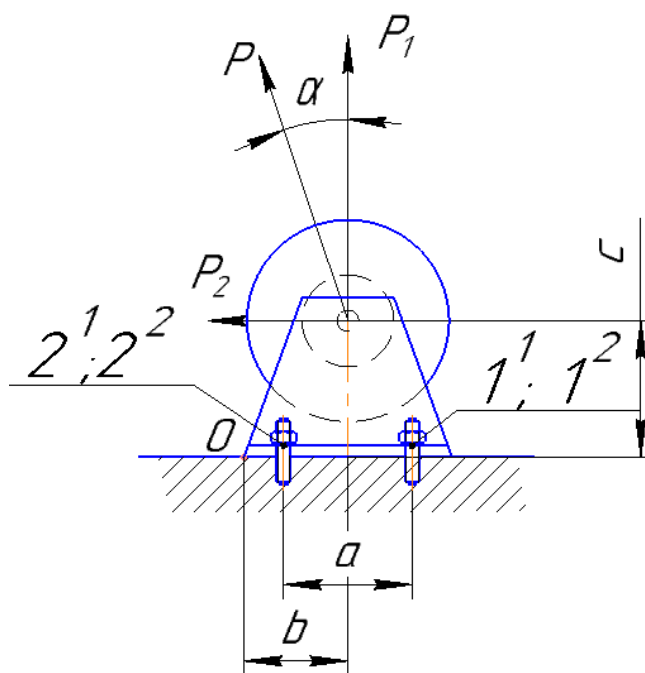
$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 2474,2}{3,14 \cdot 85 \cdot 10^6}} = 0,0043 \text{ м} = 4,3 \text{ мм.}$$

Принимаем для оси блоков $2^1, 2^2 D = 5 \text{ мм.}$

2.4.4 Расчет диаметров фундаментных анкерных шпилек для крепления кронштейнов блоков страховочной системы

Рассчитаем диаметры фундаментных шпилек, необходимых для крепления кронштейнов блоков 1^1 и 1^2 (рисунок 2.12) страховочной системы, удерживающих транспортное средство от опрокидывания. Вследствие пренебрежимо малой разницы величин сил P и P' а так же малой разнице углов действия этих сил диаметры болтов крепления кронштейнов блоков 2^1 и 2^2 будут приняты равными диаметрам фундаментных шпилек для блоков 1^1 и 1^2 с большим запасом прочности.

Рассмотрим схему приложения силы P (рисунок 2.12). В данном случае она раскладывается на силу P_1 и P_2 .



$1^1, 1^2, 2^1, 2^2$ – Фундаментные шпильки

Рисунок 2.12 – Схема нагрузки на фундаментные шпильки крепления кронштейна блока

Из схемы на рисунке 2.12 видно, что сила P_1 равномерно действует на все четыре шпильки и определяется по формуле, Н:

$$P_1 = P \cdot \cos(\alpha), \quad (2.28)$$

где P – сила, действующая на блок. Равна 1342,8 Н.

α – угол между вертикалью и направлением силы P . из рисунка 2.12 равен 17° .

Тогда по формуле (2.27),

$$P_1 = 1342,8 \cdot \cos(17) = 1284,1 \text{ Н.}$$

Однако сила P_1 равномерно распределяется на четыре фундаментных шпильки, поэтому на каждую шпильку будет действовать сила P_1^1 , равная 642,1 Н.

Также из рисунка 2.12 видно, что сила P_2 создает момент относительно точки O . Эта сила компенсируется нагрузкой $P_{\text{сопр}}$ в шпильках 1^1 и 1^2 , что в свою очередь создает момент $M_{\text{сопр}}$.

Сила P_2 будет определяться по формуле, Н:

$$P_2 = P \cdot \sin(\alpha). \quad (2.29)$$

Тогда

$$P_2 = 1342,8 \cdot \sin(17) = 392,6 \text{ Н.}$$

Момент, создаваемый силой P_2 будет определяться по формуле, Н·м:

$$M = P_2 \cdot c, \quad (2.30)$$

где $c = 0,13$ м (из рисунка 2.12).

Тогда получаем, что

$$M = 392,6 \cdot 0,13 = 51 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Так как сила, создающая момент M компенсируется посредством нагрузки в двух шпильках, то каждая шпилька компенсирует момент M_1 , равный половине момента M . Сила $P_{\text{сопр}}^1$, компенсирующая момент M_1 , создает момент $M_{\text{сопр}}^1$. Из рисунка 2.12, согласно [31] этот момент равен, Н·м:

$$M_{\text{сопр}}^1 = M_1 = P_{\text{сопр}}^1 \cdot (b + \frac{a}{2}), \quad (2.31)$$

где $a = 0,12$ м,
 $b = 0,0975$ м.

Из формулы (2.30) получаем, Н:

$$P_{\text{сопр}}^1 = M_{\text{сопр}}^1 / (b + \frac{a}{2}). \quad (2.32)$$

Тогда получаем

$$P_{\text{сопр}}^1 = \frac{25,5}{(97,5 + \frac{120}{60}) \cdot 10^{-3}} = 161,9 \text{ Н.}$$

Из расчетов по формулам (2.31) и (2.32), получаем, что каждая шпилька испытывает растяжение под действием силы, равной 3210,25 Н. В это же время каждая из шпилек 1¹ и 1² испытывает растяжение под действием силы, равной 161,9 Н. Отсюда следует, что шпильки 1¹ и 1² испытывают большую нагрузку. Эта нагрузка равна, Н:

$$P_{\text{общ}} = P_1^1 + P_{\text{сопр}}^1. \quad (2.33)$$

Откуда следует, что

$$P_{\text{общ}} = 3210,25 + 161,9 = 3372,15 \text{ Н.}$$

Из условия прочности при растяжении [29]:

$$\sigma_p = N/A_p \leq [\sigma_p], \quad (2.34)$$

где $N = P_{\text{общ}}$ – сила, под действием которой шпилька испытывает растяжение, Н,

σ_p – напряжение, возникающее при растяжении, Па,

$[\sigma_p]$ – допустимое напряжение на растяжение, Па.

Отсюда получаем, МПа:

$$\sigma_p = P_{\text{общ}} / (\frac{\pi \cdot D^2}{4}). \quad (2.35)$$

По условию прочности: $\sigma_p \leq [\sigma_p]$. Для Стали 35 $[\sigma_p] = 2,05 \cdot 10^8$ Па, согласно [30]. Тогда диаметр шпильки из формулы (2.35) будет, м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{\text{общ}}}{\pi \cdot [\sigma_p]}} \quad (2.36)$$

Тогда

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3372,15}{3,14 \cdot 2,05 \cdot 10^8}} = 0,0046 \text{ м} = 4,6 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр шпилек $D = 10$ мм, что обеспечит высокий запас прочности крепления кронштейнов блоков. Для крепления кронштейнов блоков 2¹ и 2² принимаем диаметр болтов 10 мм. Это обеспечит высокий запас прочности крепления. Для блоков, через которые пробрасываются страховочные канаты, удерживающие подвижную платформу, принимаем аналогичные параметры болтов и фундаментных шпилек для крепления кронштейнов.

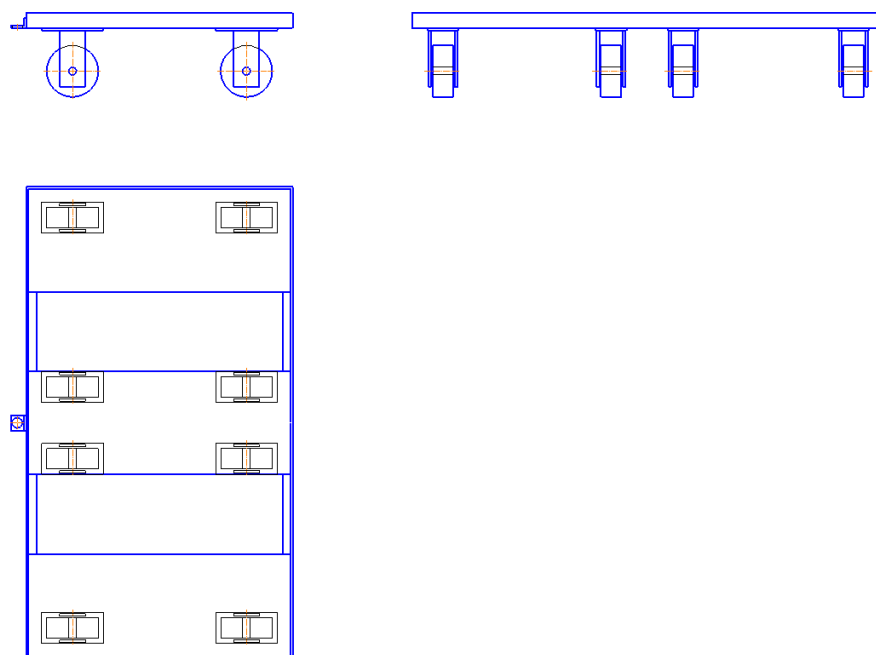
2.4.5 Подбор страховочных канатов

Зная, что на каждый из двух страховочных канатов системы, удерживающей платформу от прокатывания, приходится нагрузка 2480,2 Н, подбираем соответствующие канаты. Для такой нагрузки вполне подойдет страховочно-спасательный канат, выдерживающий разрывную нагрузку 300 кгс. Длина каждого каната – 7 м. Для системы, удерживающей платформу от самопроизвольного прокатывания, выбираем аналогичные страховочно-спасательные канаты длиной 10 м.

2.5 Подбор технологического оборудования и средств измерения для оснастки предлагаемого способа

Для осуществления предлагаемого способа и оснастки стенда необходимо следующее технологическое оборудование:

- автомобильный двухстоечный подъемник (например, автомобильный гидравлический подъемник GR-5 (GARO));
- неподвижная платформа;
- весы подкладные автомобильные (например, весы электронные автомобильные CAS RW-15P);
- подкатная платформа или две подкатных тележки (рисунок 2.13), оснащенных колесами опорными (16 колес по 250 кг на каждое);



Активаци:

Рисунок 2.13 – Чертеж подкатной тележки (три вида)

- блок монтажный опорный из каталога [36] (рисунок 2.14) – 10 шт.;



Рисунок 2.14 – Блок монтажный опорный

- строп СТП 1.5т x 5м (75 мм) из каталога [36] (рисунок 2.15) – 2 шт.;



Рисунок 2.15 – Строп СТП 1.5т х 5м (75 мм)

- строп ХБ 10мм, 40 кгс из каталога [36] (рисунок 2.16)– 2 шт. х 7 м, и 2 шт. х 10м;



Рисунок 2.16 – Строп ХБ 10мм, 40 кгс

- болт М10*1,0*40 – 8 шт.;
- анкер клиновой 10* 65 – 24 шт.;
- вспомогательные части (зажимы, карабины, и т.д.)

Выводы по второй главе

В данной главе было сформулировано понятие эквивалентности применительно к методам испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость.

Предложен альтернативный способ испытания транспортных средств на статическую поперечную устойчивость, который должен позволять проводить испытания эквивалентно методу, регламентированному ГОСТ 31507-2012.

Рассчитаны нагрузки, которые могут возникать в разработанной системе, и подобрано оборудование для оснастки разработанного стенда, чем обеспечивается его безопасность.

3 Методики экспериментальных исследований

3.1 Методика исследования по ГОСТ 31507-2012

3.1.1 Общие положения

ГОСТ 31507-2012 распространяется на автотранспортные средства категорий М, N и О, кроме АТС, имеющих максимальную скорость менее 40 км/ч, прицепов-тяжеловозов и полуприцепов-тяжеловозов, а также транспортных средств, не предназначенных для эксплуатации на дорогах общего пользования.

Согласно данному ГОСТ, показателями поперечной статической устойчивости транспортного средства против опрокидывания являются угол статической устойчивости ($\alpha_{c,y}$) и угол крена подрессоренных масс (φ).

Угол статической устойчивости – угол наклона опорной поверхности опрокидывающей платформы относительно горизонтальной плоскости, при котором произошел отрыв всех колес одной стороны одиночного АТС или всех колес одной стороны одного из звеньев седельного автопоезда от опорной поверхности;

Угол крена подрессоренных масс – угол между опорной поверхностью опрокидывающей платформы и поперечной осью подрессоренных масс, проходящей через центр масс АТС, полученный в результате наклона транспортного средства на опрокидывающей платформе.

Значение угла статической устойчивости АТС против опрокидывания, полученное в результате испытаний, должно быть не меньше нормативного значения (α_n), зависящего от коэффициента (q_s) поперечной устойчивости АТС.

Коэффициент q_s поперечной статической устойчивости вычисляют по формуле

$$q_s = \frac{0,5b}{h}, \quad (3.1)$$

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

h – высота центра масс над опорной поверхностью, мм.

Высоту центра масс вычисляют по формуле

$$h = \frac{0,5b - h_{к.п} \cdot tg(\alpha_{c,y}) - \Delta}{tg(\alpha_{c,y}) \cdot \cos(\varphi) + \sin(\varphi)} + h_{к.п}, \quad (3.2)$$

где $h_{к.п}$ – высота оси крена над опорной поверхностью в поперечном сечении, проходящем через центр масс, мм;

Δ – боковое смещение центра масс, определяемое по результатам измерений боковой деформации шин, мм.

При отсутствии точных данных величина $h_{к.п}$ может быть принята равной статическому радиусу колеса АТС.

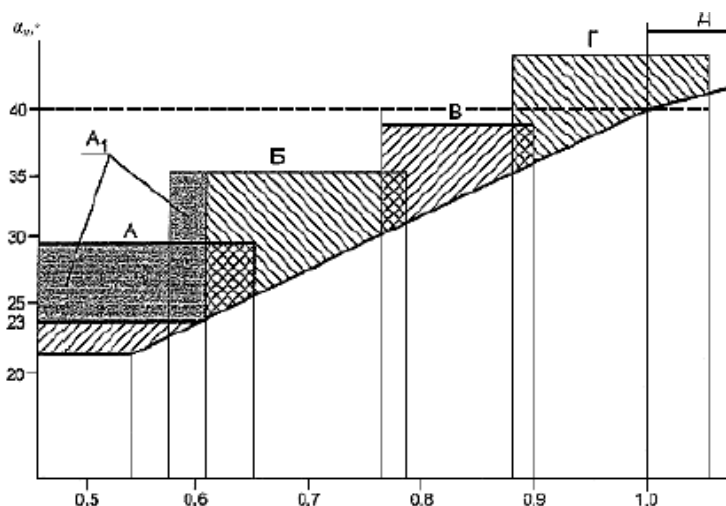
При определении соответствия величины угла $\alpha_{с.у}$ нормативным значениям $\alpha_{н}$, АТС всех категорий, в зависимости от коэффициента поперечной устойчивости (большого или меньшего единицы), разделены на две группы, каждой из которых соответствует своя зависимость $\alpha_{н} = f(q_s)$:

$$\alpha_{н} = (-2,4 + 42,4q_s)^\circ \text{ при } 0,55 \leq q_s \leq 1,0 \quad (3.3)$$

$$\alpha_{н} = (15 + 25,4q_s)^\circ \text{ при } q_s > 1,0 \quad (3.4)$$

$$\alpha_{н} \geq 21^\circ \text{ при } q_s < 0,55$$

График зависимостей (3.3) и (3.4) для АТС различных категорий приведен на рисунке 3.1.



- А – диапазон значений q_s для автокранов, автобетоносмесителей, рефрижераторов, контейнеровозов категории N_3 , двухэтажных автобусов категории M_3 ;
- A_1 – диапазон значений q_s для автомобилей цистерн категории N_3 , прицепов цистерн категорий O_3, O_4 ;
- Б – диапазон значений q_s для рефрижераторов, самосвалов категории N_3 , одноэтажных автобусов категории M_3 , прицепов категорий O_3, O_4 ;
- В – диапазон значений q_s для автокранов, самосвалов, рефрижераторов категории N_2 , бортовых автомобилей категории N_3 , автобусов категории M_2 и прицепов категории O_2 ;
- Г – диапазон значений q_s для бортовых автомобилей категорий N_1, N_2 , фургонов категории N_1 , автомобилей повышенной проходимости категории M_1 ;
- Д – диапазон значений q_s для автомобилей категории M_1 (за исключением автомобилей повышенной проходимости), прицепов категории O_1 .

Рисунок 3.2 – Зависимость угла $\alpha_{н}$ опрокидывания АТС на стенде от коэффициента поперечной устойчивости q_s АТС различных категорий и типов (зоны А, A_1 , Б, В, Г, Д приведены для справок)

Для автомобилей-контейнеровозов, предназначенных для эксплуатации на магистральных автомобильных дорогах общегосударственного значения (в том числе для международного сообщения), республиканского, областного (краевого) значения, при загрузке более 0,8 полного объема контейнера и расположении центра масс балласта в геометрическом центре контейнера минимальное допустимое значение α_{cy} равно 19° .

Угол крена φ подрессоренных масс определяют при угле наклона платформы, при котором происходит отрыв всех колес одной стороны одиночного АТС или всех колес одного из звеньев автопоезда от опорной поверхности. Максимальное допустимое значение угла φ крена подрессоренных масс в центре масс АТС, полученное в результате испытаний, не должно превышать предельных значений φ_H , заданных в зависимости от коэффициента поперечной устойчивости q_s .

При этом АТС всех категорий разделены на две группы, каждой из которых соответствует своя зависимость $\varphi_H = f(q_s)$:

$$\text{- при } q_s \leq 1,0 \varphi_H = (10,8 - 4,3q_s)^\circ; \quad (3.5)$$

$$\text{- при } q_s > 1,0 \varphi_H = 6,5^\circ. \quad (3.6)$$

Критерием соответствия нормативным требованиям данного стандарта является условие

$$\varphi \leq \varphi_H, \quad (3.7)$$

где φ_H - предельно допустимое значение угла крена.[4]

График зависимостей (5), (6) и (7) представлен на рисунке 3.

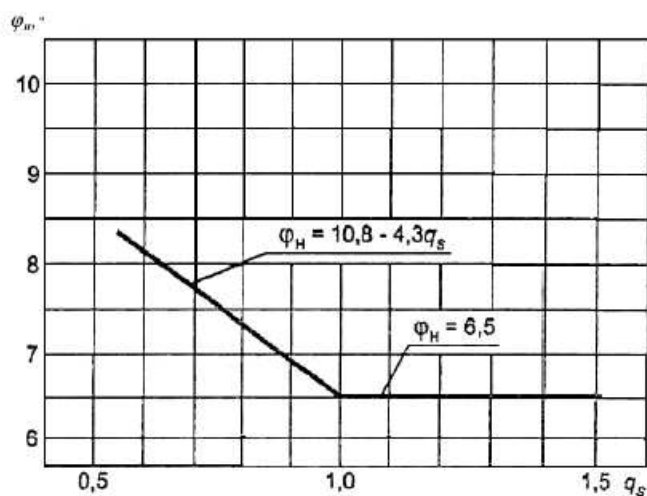


Рисунок 3.3 – Зависимость угла крена φ_H подрессоренных масс АТС от коэффициента поперечной устойчивости q_s .

3.1.2 Требования к испытательному оборудованию и погрешности измерений

Погрешности показаний измерительной системы не должны превышать значений, указанных в таблице 3.1, для соответствующих диапазонов измерений.

Таблица 3.1 – Допустимые значения погрешностей измерений

Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Погрешность, не более
Угол крена АТС, °	± 15	$\pm 0,25$
Угол наклона платформы стенда опрокидывателя, °	± 7	$\pm 0,25$
Линейные размеры	до 500	± 3
	от 500 до 5000	± 5
	от 5000	± 10

Датчики для измерения различных параметров должны быть установлены в соответствии с инструкциями их использования и обеспечивать требуемую точность измерений.

Страховочные приспособления, предотвращающие опрокидывание АТС при испытаниях, должны быть оснащены элементами, защищающими от повреждений внешние панели и детали транспортных средств.

Для определения поперечной статической устойчивости транспортных средств используют стенд (стенд-опрокидыватель), имеющий платформу, размеры которой позволяют разместить автомобиль, прицеп или седельный автопоезд.

Опорная поверхность платформы стенда должна поворачиваться вокруг оси, параллельной продольной оси транспортного средства, на угол не менее 60° относительно горизонтальной плоскости. Платформа должна быть оснащена страховочными приспособлениями в виде цепей или тросов и упорами, которые должны предотвращать скольжение шин транспортного средства в поперечном направлении[4].

3.1.3 Условия проведения испытаний

Испытания проводят при соблюдении правил техники безопасности, приведенных в приложении В[4].

Техническое состояние АТС, их агрегатов и узлов должно соответствовать техническим условиям или другой технической документации предприятия-изготовителя, утвержденной в установленном порядке.

Седельные тягачи испытывают в составе автопоезда, при этом прицепной состав испытывают со штатными тягачами.

Допускается проведение испытаний прицепов на статическую устойчивость без тягача.

При проведении испытаний должны соблюдаться требования руководства по эксплуатации.

Износ шин АТС перед испытаниями должен быть равномерным и не должен превышать 40% полной высоты протектора.

Перед испытаниями предприятие-изготовитель или заказчик испытаний должны представить техническое описание типа транспортного средства в отношении управляемости и устойчивости в соответствии с приложением Г.

Перед испытаниями АТС нагружают до полной массы, заявленной предприятием-изготовителем. Масса балласта, имитирующего людей, должна соответствовать следующим значениям:

- водитель и единица обслуживающего персонала в грузовом автомобиле и автобусе - (75 ± 1) кг;

- водитель легкового автомобиля, пассажир легкового автомобиля и автобуса - (68 ± 1) кг.

Масса балласта, имитирующего людей, для АТС, разработанных по заказу Минобороны России, должна соответствовать значениям, указанным в нормативной документации.

В качестве балласта, имитирующего людей, рекомендуется применять объемные манекены.

Платформы грузовых автомобилей и прицепов нагружают балластом в соответствии с их грузоподъемностью таким образом, чтобы высота центра массы балласта над платформой соответствовала высоте центра масс при равномерном распределении по платформе груза плотностью $(0,80 \pm 0,05)$ т/м.

Для полноприводных грузовых автомобилей центр массы балласта должен располагаться на высоте середины бортов платформы с учетом надставных бортов.

Специализированные АТС испытывают при высоте центра массы балласта, исходя из плотности груза, для перевозки которого предназначено данное специализированное АТС, подтвержденной документацией предприятия-изготовителя.

В качестве балласта для цистерн допускается использовать воду.

Во время испытаний оформляют протокол, в котором отмечают условия испытаний [4].

3.1.4 Методика испытаний

Испытания проводят с целью определения показателей поперечной устойчивости против опрокидывания при наклоне платформы стенда до величины, при которой наблюдается отрыв колес одной стороны одиночного АТС или колес одной стороны одного из звеньев седельного автопоезда от опорной поверхности.

Испытания "опрокидывание на стенде" проводят на стенде с опрокидывающей платформой. Испытуемое АТС устанавливают на опорной поверхности платформы таким образом, чтобы его продольная ось была параллельна оси поворота платформы. Управляемые колеса АТС должны находиться в положении, соответствующем прямолинейному движению. Стояночный тормоз при этом должен быть включен. Для предотвращения скольжения и опрокидывания АТС устанавливают соответствующие приспособления.

Наклон платформы осуществляют с угловой скоростью, не превышающей $0,5^\circ/\text{с}$, до отрыва одного, а затем всех колес одной стороны одиночного АТС (звена автопоезда) от опорной поверхности. Момент отрыва определяют визуально.

Платформу возвращают в исходное положение.

Примечание – Определение скорости подъема платформы производится способом замера времени подъема платформы с объектом испытаний на угол, равный 80% полученного угла опрокидывания АТС от начала подъема платформы.

В процессе испытаний измеряют и регистрируют:

- угол наклона опорной поверхности опрокидывающей платформы относительно горизонтальной опорной поверхности (α_i);

- углы наклона подрессоренных масс АТС относительно горизонтальной опорной поверхности в зонах переднего ($\alpha_{\text{пи}}$) и заднего ($\alpha_{\text{зи}}$) свесов, соответственно, в местах, удобных для установки измерительных приборов (на элементах вторично подрессоренных масс измерения не проводят),

где i – порядковый номер зачетного измерения.

При положении платформы, соответствующем углу опрокидывания транспортного средства, дополнительно измеряют боковые деформации шин каждой из осей транспортного средства.

Боковые деформации шины $\Delta_{\text{ш}}$ оси определяют как разницу двух расстояний между диском колеса и внешней боковой поверхностью неподвижного упора, измеренных параллельно плоскости платформы.

Измерение производят в начальном положении, и положении платформы, соответствующем углу опрокидывания транспортного средства. Измерение производится линейкой и угольником 90° градусов, прикладываемым к внешней боковой поверхности упора.

На записях $\alpha = f(t)$, $\varphi_{\text{п}} = f(t)$ и $\varphi_{\text{з}} = f(t)$ делают отметки в моменты отрыва колес одной стороны от платформы.

Допускается ступенчатый подъем платформы с регистрацией углов α и φ при остановках платформы через каждые 1° - 2° в области, близкой к отрыву всех колес одной стороны от платформы.

Величины углов крена подрессоренных масс транспортного средства (звена автопоезда) относительно платформы, при которых происходит

отрыв колес одной стороны от платформы в зонах переднего $\varphi_{\Pi i}$ и заднего φ_{3i} свесов, определяют по формулам

$$\varphi_{\Pi i} = \varphi'_{\Pi i} - \alpha_i, \quad (3.8)$$

и

$$\varphi_{3i} = \varphi'_{3i} - \alpha_i, \quad (3.9)$$

Для каждого i -го зачетного измерения.

Средние значения углов крена подрессоренных масс в центре масс определяют по формуле

$$\varphi = \frac{\varphi_{\Pi} \cdot l_2 + \varphi_3 \cdot l_1}{l_1 + l_2}, \quad (3.10)$$

где l_1 – расстояние от переднего сечения, в котором проводят измерение крена, до центра масс транспортного средства;

l_2 – расстояние от заднего сечения, в котором проводят измерение крена, до центра масс транспортного средства.

Для одноосных прицепов углы крена определяют по формулам (3.7) и (3.8).

Результатами испытаний являются:

- среднее значение угла поперечной устойчивости α_{cy} , при котором происходит отрыв колес одной стороны АТС (звена автопоезда) от платформы;
- среднее значение угла крена φ_k в тот же момент [4].

В Протоколе испытаний делается следующая запись (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Статическая устойчивость при испытаниях «опрокидывание на стенде»

Показатель	Нормативное требование	Результат испытания
Высота центра масс h , мм	-	
Коэффициент поперечной устойчивости q_s	-	
Угол опрокидывания на стенде α , °, не менее		
Угол крена подрессоренных масс φ при опрокидывании, °, не более		

3.2 Методика исследования по патенту № 2573028

Для решения задачи по выявлению угла поперечной статической устойчивости в предлагаемом методе используется модель нагружения транспортного средства на наклонной платформе, условно помещенная на горизонтальную поверхность (рисунок 3.5), с заменой гравитационных сил внешне приложенной к кузову автомобиля силой, создающей опрокидывающий момент, аналогичный моменту на наклонной поверхности в момент отрыва колес одной стороны. Сила создается лебедкой до момента отрыва колес одной стороны автомобиля от опорной поверхности.

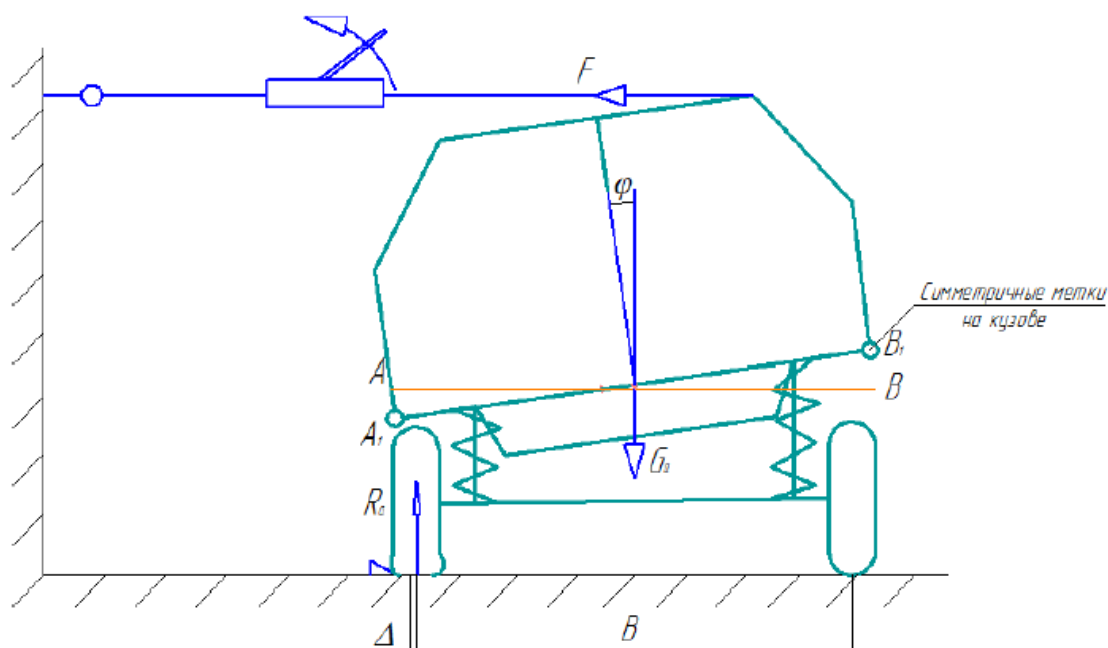


Рисунок 3.5 – Схема опрокидывания транспортного средства

Величина угла поперечной статической устойчивости автомобиля с учетом крена кузова описывается выражением (2.1).

Для определения угла α_{cy} с учетом крена кузова к транспортному средству прикладывается опрокидывающий момент, для чего используются следующие приспособления: лебедка грузоподъемностью до 2 тонн, силовые капроновые стропы в количестве 2 штук, крепежные приспособления (анкерный болт), карабины, средства измерения: линейка, уровень, весы платформенные автомобильные.

Эксперимент производится в два этапа:

- 1) Определение поперечной координаты и высоты h центра масс транспортного средства.
- 2) Определение угла крена φ поддрессоренных масс (кузова) транспортного средства по его геометрическим параметрам.

В ходе испытаний автомобиль взвешивается при помощи платформенных весов и определяется нагрузка на каждую ось и сторону автомобиля. Это необходимо для того, чтобы определить координаты центра масс в продольной и поперечной плоскости.

Поперечная координата центра масс (3.12)

$$c = \frac{G_n}{G_a} \cdot b, \quad (3.11)$$

где G_n – сила тяжести с правой стороны автомобиля;

G_a – сила тяжести автомобиля;

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

После чего определяется высота центра масс автомобиля $h_{ц}$ методом взвешивания. Одна из сторон АТС устанавливается на весы для измерения изменений нагрузки под колесами, противоположная сторона автомобиля поднимается на заданный угол, создавая тем самым смещение координаты центра масс в поперечной плоскости.

Смещение поперечной координаты и высота центра масс автомобиля определяется через уравнения (3.12) и (3.13):

$$c' = \frac{G'_n}{G_a} \cdot b, \quad (3.12)$$

$$h_{ц} = c \cdot ctg\beta \left(\frac{G'_n}{G_n} - 1 \right) + r, \quad (3.13)$$

где r – клиренс, мм;

β – угол наклона автомобиля над опорной поверхностью.

Следующий этап проведения испытания на поперечную устойчивость автомобиля заключался в нахождении угла крена подрессоренных масс. Одна сторона транспортного средства нагружается боковой силой, приложенной к кузову и создаваемой лебедкой в горизонтальной плоскости согласно схеме рисунка 3.6. Под боковые колеса автомобиля со стороны прилагаемой силы устанавливаются упоры для предотвращения смещения его в поперечной плоскости. Автомобиль нагружается силой, приложенной к кузову, до момента отрыва колес одной стороны от горизонтальной поверхности. В этом положении фиксируется изменение высот симметричных меток на кузове транспортного средства (рисунки 3.5 и 3.6), для того чтобы определить угол крена φ кузова автомобиля.

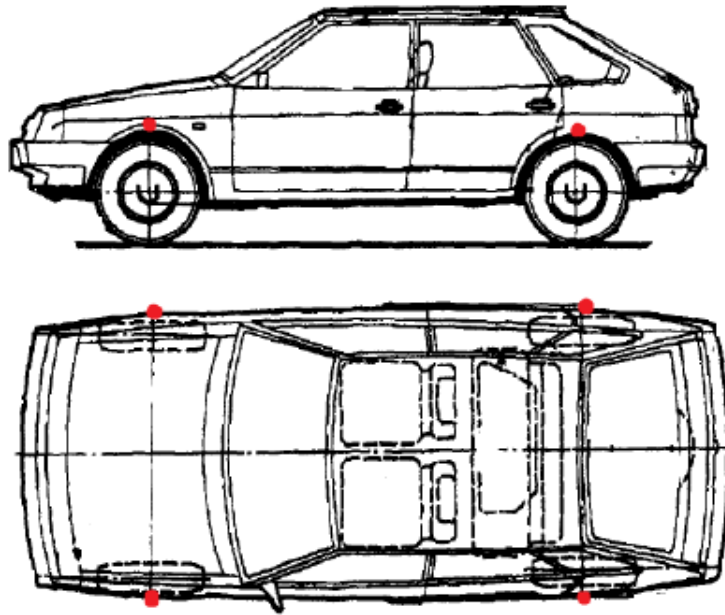


Рисунок 3.6 – Положение меток для измерения высоты кузова

Совместив две точки на передней части кузова с двумя симметричными им точками на задней части кузова (рисунок 3.6) и построив схему поворота линии (отрезок АВ на рисунке 3.7), соединяющей эти точки, в момент отрыва колес одной стороны автомобиля от опорной поверхности, при повороте кузова приложенной к нему силой центр поворота отрезка АВ тоже сместится на некоторую величину в сторону крена. Выражается угол крена кузова φ из двух прямоугольных треугольников A_1A_2M и B_1B_2M , получившихся в ходе поворота отрезка АВ:

$$\sin(\varphi) = \frac{A_1A_2}{A_1M} \quad (3.14)$$

$$\sin(\varphi) = \frac{B_1B_2}{B_1M} \quad (3.15)$$

Взяв длину отрезка A_1M за x и приравняв выражения (3.14 и 3.15), находится искомая величина (3.15), а отрезок B_1M как $(y - x)$, где y – среднее расстояние между симметричными метками на кузове автомобиля:

$$\frac{A_1A_2}{x} = \frac{B_1B_2}{A_1B_1 - x} \Rightarrow x = \frac{A_1A_2 \cdot A_1B_1}{A_1A_2 + B_1B_2} \quad (3.16)$$

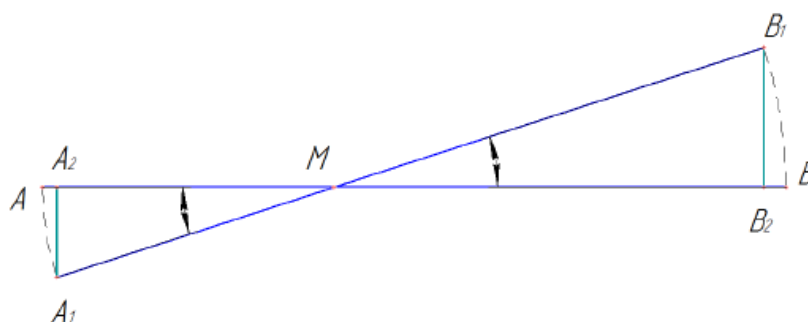


Рисунок 3.7 – Смещение точек на кузове автомобиля при его крене

Затем по имеющимся данным вычисляется угол крена кузова автомобиля, в который был включен угол крена автомобиля вследствие радиальной деформации шин.

Заключительным этапом исследования автомобиля на поперечную устойчивость является расчет критического угла поперечной устойчивости по формуле (2.1). На основании полученных экспериментальных данных определяется соответствие величины угла $\alpha_{c,y}$ нормативным значениям α_n транспортных средств всех категорий, зависящего от коэффициента поперечной устойчивости q_s (формула 3.18), каждому значению которого (больше или меньше единицы) соответствует своя зависимость $\alpha_n = f(q_s)$:

$$q_s = \frac{0,5b}{h_{ц}} \quad (3.17)$$

$$\text{при } 0,55 \leq q_s \leq 1,0 \quad \alpha_n = (-2,4 + 42,4q_s)^\circ \quad (3.18)$$

$$\text{при } q_s > 1,0 \quad \alpha_n = (15 + 25q_s)^\circ \quad (3.19)$$

$$\text{при } q_s < 1,0 \quad \alpha_n = 21^\circ \quad (3.20)$$

Максимальное допустимое значение угла крена φ поддресоренных масс в центре масс АТС, полученное в результате испытаний, не должно превышать предельных значений φ_n , заданных в зависимости от коэффициента поперечной устойчивости q_s . При этом АТС всех категорий разделены на две группы, каждой из которых соответствует своя зависимость $\varphi_n = f(q_s)$:

$$\text{при } q_s \leq 1,0 \quad \varphi_n = (10,8 - 4,3q_s)^\circ \quad (3.21)$$

$$\text{при } q_s > 1,0 \quad \varphi_n = 6,5^\circ \quad (3.22)$$

Критерием соответствия нормативным требованиям стандарта является условие

$$\varphi \leq \varphi_n \quad (3.23)$$

где φ_n – предельно допустимое значение угла крена по ГОСТ Р 52302-2004 [5].

3.3 Методика исследования по предлагаемому способу

Испытания проводят с целью определения показателей поперечной устойчивости против опрокидывания при наклоне транспортного средства до величины, при которой наблюдается положение неустойчивого равновесия, т.е. положение, при котором вся масса транспортного средства приходится на одну его сторону.

Испытания проводят на стенде с использованием двухстоечного автомобильного подъемника, платформенных весов, а также неподвижной платформы и подвижной платформы, оснащенной вышеупомянутыми весами. Испытуемое транспортное средство устанавливают на платформах таким образом, чтобы его продольная ось была параллельна оси поворота платформы и одна сторона транспортного средства приходилась на неподвижную платформу, а другая на подвижную платформу. Управляемые колеса АТС должны находиться в положении, соответствующем прямолинейному движению. Стояночный тормоз при этом должен быть включен. Для предотвращения самопроизвольного прокатывания подвижной платформы и опрокидывания транспортного средства используется соответствующая страховочная система, состоящая из блоков и страховочно-спасательных канатов.

Наклон транспортного средства осуществляется посредством двухстоечного подъемника и грузоподъемных строп, кинематически связанных с транспортным средством с угловой скоростью, не превышающей $0,5^\circ/\text{с}$, до момента достижения испытуемым транспортным средством положения неустойчивого равновесия. Момент достижения данного положения определяется при помощи платформенных весов, которые покажут полную массу транспортного средства.

Затем стенд возвращают в исходное положение.

В процессе испытаний измеряют и регистрируют:

- угол наклона транспортного средства относительно горизонтальной опорной поверхности (α_i);
- углы крена поддресоренных масс транспортного средства в зонах переднего $\varphi_{\text{п}}$ и заднего $\varphi_{\text{з}}$ свесов, соответственно, в местах, удобных для установки измерительных приборов.

При положении транспортного средства, соответствующем углу опрокидывания, дополнительно измеряют боковые деформации шин каждой из осей транспортного средства.

Боковые деформации шины $\Delta_{\text{ш}}$ оси определяют как разницу двух расстояний между диском колеса и внешней боковой поверхностью неподвижного упора, измеренных параллельно плоскости платформы.

Измерение производят в начальном положении, и положении, соответствующем углу опрокидывания транспортного средства.

Результатами испытаний являются данные, необходимые для определения значения угла крена $\varphi_{\text{к}}$ поддресоренных масс в положении

неустойчивого равновесия. Которое в дальнейшем используется для расчета по формуле 2.1 значения угла поперечной устойчивости α_{cy} , при котором происходит достижение транспортным средством положения неустойчивого равновесия.

Выводы по третьей главе

В данной главе были рассмотрены методики испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость по трем способам, а именно:

- метод, регламентированный ГОСТ 31507-2012;
- метод, представленный в патенте № 2573028;
- предлагаемый метод по патенту № 2693140.

Были рассмотрены теоретические основы этих методик, а также рассмотрены методы проведения испытаний по каждой из методик.

4 Результаты исследований. Техничко-экономическая оценка методов испытаний транспортных средств на статическую поперечную устойчивость

4.1 Результаты испытаний

В рамках диссертационного исследования была возможность провести испытания по двум методам: на первом этапе транспортное средство было испытано по методике, представленной в ГОСТ 31507-2012 (Поперечная статическая устойчивость при испытаниях «опрокидывание на стенде»); на втором этапе АТС испытывалось по альтернативной методике без применения опрокидывающего стенда, согласно методике [6] на опорной горизонтальной поверхности с приложением опрокидывающего усилия.

В качестве объекта испытаний было выбрано транспортное средство категории М1, (Volkswagen-Transporter). Необходимые характеристики данного транспортного средства сведены в таблицу 4.1

Таблица 4.1 – Технические характеристики автомобиля Volkswagen-Transporter

Параметр	Значение
Колесная формула	4 x 2
База, мм	3000
Колея перед/задний, мм	1628
Снаряженная масса, кг	1850
Максимальная разрешенная (полная), кг	2600
Масса приходящаяся на переднюю ось, кг	1480
Масса приходящаяся на заднюю ось, кг	1350
Передняя подвеска	независимая, пружинная, типа Макферсон, со стабилизатором поперечной устойчивости
Задняя подвеска	независимая, пружинная, рычажная, с гидравлическими телескопическими амортизаторами.

Испытания на опрокидывающем стенде. Применяемые средства измерения и оборудование:

- весы автомобильные CAS10RW-2601P №06043115;
- стенд определения поперечной статической устойчивости ТС: СО-1;
- квадрант оптический КО-60М;
- рулетка измерительная;
- метеометр МЭС 200;
- манометр шинный.

Испытуемое транспортное средство устанавливалось на опорной поверхности платформы стенда таким образом, чтобы его продольная ось была параллельна оси поворота платформы. Для предотвращения бокового скольжения на опрокидываемую сторону транспортное средство

фикси́ровалось специальными упорными брусьями, входящими в комплект стенда (рисунки 4.1 и 4.2). А с внешней (с опрокидываемой) стороны транспортное средство фикси́ровалось страховочными цепями, исключающими возможность полного опрокидывания ТС.

После чего осуществлялся наклон платформы с угловой скоростью, не превышающей 0,5%, до отрыва одного, а затем всех колес одной стороны транспортного средства от опорной поверхности (рисунки 4.3 и 4.4). Результаты испытаний «опрокидывание на стенде» по требованиям ГОСТ 31507-2012, приведены в таблице 4.2.



Рисунок 4.1 – Транспортное средство на опрокидывающей платформе (вид спереди)



Рисунок 4.2 – Транспортное средство на опрокидывающей платформе (вид слева)



Рисунок 4.3 – Транспортное средство на опрокидывающей платформе в положении, в котором наблюдается отрыв обоих колес одной стороны от опорной поверхности (вид спереди)



Рисунок 4.4 – Транспортное средство на опрокидывающей платформе в положении, в котором наблюдается отрыв обоих колес одной стороны от опорной поверхности (вид слева)

Таблица 4.2 – Результаты испытаний

Показатели	Показания	
	Начальные значения	Конечные значения
Угол наклона передней части платформы, $\alpha_{п}$	0°9'	48°0'
Угол наклона задней части платформы, $\alpha_{з}$	0°33'	48°40'
Угол наклона передней части ТС, $\varphi_{п}$	0°4'	50°40'
Угол наклона задней части ТС, $\varphi_{з}$	0°10'	50°9'
Увод передних колес, мм	0	45
Увод задних колес, мм	0	30

Результатом испытаний АТС Volkswagen-Transporter на опрокидывающем стенде является:

(α) – угол наклона опорной поверхности опрокидывающей платформы относительно горизонтальной опорной поверхности, равный 48°20';

(φ) – угол наклона подрессоренной массы АТС относительно горизонтальной опорной поверхности, равный 2°4'.

Полученные значения углов (α и φ) будут служить эталоном на втором этапе, при проведении альтернативных испытаний транспортного средства на опорной горизонтальной поверхности.

Испытания без применения опрокидывающего стенда.

Применяемые средства измерения и оборудование:

- весы автомобильные CAS10RW-2601P №06043115;
- подъемник автомобильный платформенный;
- квадрант оптический КО-60М;
- рулетка измерительная;
- линейка измерительная;
- метеометр МЭС 200;
- манометр шинный.

Измерение величины φ – угла крена подрессоренных масс осуществлялось по изменению высот симметричных меток размещаемых на кузове испытуемого автомобиля в плоскости передней и задней осей, относительно колес транспортного средства. Высоты меток фиксируются в исходном положении АТС на горизонтальной опорной поверхности и в положении, когда транспортное средство под действием опрокидывающего момента отрывается колесами одной стороны от опорной поверхности.

Они используются для построения схемы поворота линии (отрезок AB , рисунок 4.5), соединяющей эти точки, в момент отрыва колес одной стороны автомобиля от опорной поверхности. Результат замера высот представлен в таблице 4.3. Для дальнейших расчетов будут применяться величины, полученные в результате разницы между конечным и начальным положениями.

Таблица 4.3 – Результаты замера высот верхней точки колесных арок кузова

Наименование параметра	Значение, мм	
	Исходное состояние	Отрыв обоих колес правого борта
Переднее левое колесо	208	281
Переднее правое колесо	204	236
Заднее левое колесо	225	270
Заднее правое колесо	218	228

При повороте кузова приложенной к нему силой центр поворота отрезка AB тоже сместится на некоторую величину в сторону крена. Угол крена кузова φ может быть определен из тригонометрических соотношений прямоугольных треугольников A_1A_2M и B_1B_2M (рисунок 4.5) из выражений 3.14-3.16.

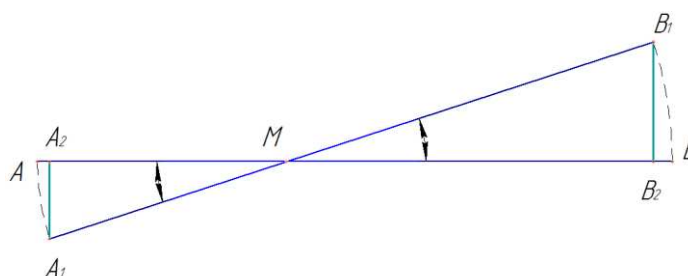


Рисунок 4.5 – Схема смещения меток на кузове автомобиля при его крене

Таким образом, из выражений 3.14-3.16, находим для передней подвески:

$$\frac{32 \cdot 1800}{32 + 73} = 548,6 \text{ мм.}$$

Тогда из рисунка 4.5:

$$\varphi_{\text{п}} = \arcsin\left(\frac{32}{548,6}\right) = 3,34^\circ \text{ или } 3^\circ 20'.$$

Для задней подвески:

$$\frac{10 \cdot 1800}{10 + 45} = 327,3 \text{ мм.}$$

Тогда из рисунка 4.5:

$$\varphi_{\text{з}} = \arcsin(10/327,3) = 1,74^\circ \text{ или } 1^\circ 44'.$$

Нахождение высоты центра масс. Находим h высоту центра масс транспортного средства путем наклона передней оси относительно опорной поверхности на угол не менее 20° и фиксируя перераспределение нагрузок между осями транспортного средства (рисунок 4.6). Результаты испытаний при различных углах наклона задней оси приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Результаты испытаний при различных углах наклона задней оси транспортного средства

Угол наклона ТС, °	0°50'	15°53'	20°43'
Нагрузка на ось, кг	1080	1160	1180



Рисунок 4.6 – Определение координаты высоты центра масс АТС путем перераспределения нагрузок между осями продольном наклоне транспортного средства

h высоту центра масс транспортного средства вычисляем по формуле:

$$h = r + \left(\frac{1}{\text{tga}} \right) \cdot \left(l_1 - L \cdot \frac{P_{\text{total}} - P_{\text{front}}}{P_{\text{total}}} \right), \quad (4.1)$$

где h – высота центра масс над опорной поверхностью, мм;

r – статический радиус колеса (320), мм;

L – база транспортного средства (3000), мм;

l_1 – расстояние от передней оси транспортного средства до центра масс в продольной плоскости, мм;

P_{total} – полная масса транспортного средства (1810), кг;

P_{front} – показания весов под задней осью транспортного средства при испытаниях (1080), кг.

Найдем расстояние от передней оси до центра масс (l_1) исходя из данных таблицы 4.4 и выражения

$$l_1 \cdot 1080 = l_2 \cdot 730 = (L - l_1) \cdot 730, \quad (4.2)$$

То есть

$$l_1 = \frac{730 \cdot 3000}{1810} = 1210 \text{ мм.}$$

Отсюда $l_2 = 1790$ мм.

Значение угла крена подрессоренных масс при отрыве колес левой стороны АТС от опорной поверхности, приведенное к центру масс АТС определим по формуле:

$$\varphi = \frac{\varphi_{II} \cdot l_2 + \varphi_{III} \cdot l_1}{l_1 + l_2}, \quad (4.3)$$

То есть

$$\varphi = \frac{3^\circ 20' \cdot 1210 + 1^\circ 44' \cdot 1790}{1210 + 1790} = 2^\circ 22'.$$

По полученным данным вычисляем высоту центра масс (формула 4.1).

$$h = 320 + \left(\frac{1}{\text{tg} 20^\circ 43'} \right) \cdot \left(1210 - 3000 \cdot \frac{1810 - 1180}{1810} \right) = 648,6 \text{ мм.}$$

Заключительным этапом приведенного метода испытаний на поперечную устойчивость являлся расчет критического угла поперечной устойчивости по формуле (2.1):

$$\alpha_{\text{cy}} = \arctg\left(\frac{0,5 \cdot 1628}{648,6}\right) - 2^\circ 22' = 49^\circ 5'.$$

$$\alpha_{\text{по ГОСТ 31507-2012}} = 48^\circ 20' \quad \alpha_{\text{альтернативным методом}} = 49^\circ 5'$$

$$\varphi_{\text{по ГОСТ 31507-2012}} = 2^\circ 4' \quad \varphi_{\text{альтернативным методом}} = 2^\circ 22'$$

Полученные результаты свидетельствуют о незначительном расхождении результатов испытаний по ГОСТ и альтернативным методом. Абсолютная погрешность составляет:

- для $\alpha_{\text{cy}} - 0^\circ 45'$;

- для $\varphi - 0^\circ 37'$,

Однако необходимо заметить, что разница в угле α_{cy} определяется не только разницей угла φ , но и зависит от точности определения вертикальной координаты центра масс.

В итоге спрогнозируем точность разработанного нами нового альтернативного метода определения величины угла крена подрессоренных масс φ , по патенту № 2693140 а именно:

- точность будет выше чем по методике согласно патента № 2573028, так как во вновь разработанном методе обеспечивается эквивалентность схемы нагружения и величины нагрузок.

4.2 Расчет стоимости технологического оборудования и средств измерения для проведения испытаний на статическую поперечную устойчивость по методике, представленной в ГОСТ 31507-2012

Расчет стоимости технологического оборудования для оснастки стенда будет производиться, подразумевая, что на предполагаемом предприятии, на территории которого будут проходить испытания по данному методу, уже имеются средства измерений.

Согласно бухгалтерским документам, предоставленными испытательной лабораторией ООО «Уник-Авто», стоимость стенда СО-1 складывается следующим образом, руб.:

$$P = P_{\text{плат}} + P_{\text{гц}} + P_{\text{с.р}} \quad (4.3)$$

где $P_{\text{плат}}$ – стоимость изготовления поворотной платформы, руб.;

$P_{\text{гц}}$ – стоимость гидроцилиндра, руб.;

$P_{\text{с.р}}$ – стоимость сопутствующих расходов, руб.;

Итак, по формуле (4.3)

$$P = 180000 + 41595 + 23922 = 245517 \text{ руб.}$$

4.3 Расчет стоимости технологического оборудования и средств измерения для проведения испытаний по методике, представленной в патенте

Для определения угла с $\alpha_{\text{су}}$ учетом крена кузова используются следующие приспособления:

- лебедка грузоподъемностью до 2 тонн;

- силовые капроновые стропы в количестве 2 штук;

- крепежные приспособления (анкерный болт);

- карабины;

- средства измерения: линейка, уровень, весы платформенные автомобильные.

Расчет стоимости оборудования будет производиться, подразумевая, что вышеупомянутые средства измерений уже имеются на предприятии, на территории которого будут проводиться испытания по данной методике.

Таким образом, согласно [38], стоимость каждой единицы оборудования для осуществления испытаний по данной методике, составляет:

- Лебедка ручная ленточная LRB 1360кг – 2 шт – 2950р.;
- строп СТП 1.5т х 5м (75 мм)– 2 шт. – 715р;
- анкер клиновой 10* 65 – 5 шт. – 18р.:

Стоимость основных компонентов для проведения испытаний будет рассчитываться по формуле, руб:

$$P = \sum(P_i \cdot n), \quad (4.4)$$

где P_i – стоимость i -й единицы оборудования, рублей;
 n – количество i -х единиц оборудования.

Тогда по формуле (4.4):

$$P = 2950 \cdot 2 + 715 \cdot 2 + 18 \cdot 4 = 7\,402 \text{ рубля.}$$

Стоимость вспомогательных частей (карабины, зажимы и т.д.) принимаем равной 10% от общей стоимости оборудования.

Итого стоимость оборудования для оснастки стенда составит, руб:

$$P_{\text{общ}} = P + P \cdot 10\% \quad (4.5)$$

То есть

$$P_{\text{общ}} = 7402 + 7402 \cdot 10\% = 8\,142,2 \text{ рублей.}$$

4.4 Расчет стоимости технологического оборудования и средств измерения для оснастки предлагаемым методом

Расчет стоимости технологического оборудования для оснастки стенда будет производиться, подразумевая, что на предполагаемом предприятии, на территории которого будут проходить испытания по данному методу, уже имеется автомобильный подъемник и автомобильные весы.

Согласно [38], стоимость каждой единицы оборудования для осуществления предлагаемого способа и оснастки стенда (упрощенное примитивное исполнение без неподвижной платформы), составляет:

- подкатная тележка – 2 шт – 5000 руб.;
- колеса опорные (16 колес по 250 кг на каждое) – 601 руб.;
- блок монтажный опорный– 10 шт. – 1818 руб.;
- строп СТП 1.5т х 5м (75 мм)– 2 шт. – 715 руб.;
- строп ХБ 10мм, 40 кгс – 2 шт. х 7 м, и 2 шт. х 10м – 48 руб.;
- болт М10*1,0*40 – 8 шт. – 27р.;

- анкер клиновой 10* 65 – 24 шт. – 18 руб.:

Стоимость основных компонентов для оснастки стенда будет рассчитываться по формуле, руб.:

$$P = \sum(P_i \cdot n), \quad (4.6)$$

где P_i – стоимость i -й единицы оборудования, рублей;

n – количество i -х единиц оборудования.

Тогда по формуле (4.6):

$$P = 5000 \cdot 2 + 601 \cdot 16 + 1818 \cdot 10 + 715 \cdot 2 + 48 \cdot 34 + 27 \cdot 8 + 18 \cdot 24 = 41506 \text{ рублей}$$

Стоимость вспомогательных частей (карабины, зажимы и т.д.) принимаем равной 10% от общей стоимости оборудования.

Итого стоимость оборудования для оснастки стенда составит, руб.:

$$P_{\text{общ}} = P + P \cdot 10\% \quad (4.7)$$

То есть

$$P_{\text{общ}} = 41506 + 41506 \cdot 10\% = 45656,6 \text{ рублей.}$$

Выводы по четвертой главе

Проведены испытания на поперечную устойчивость двумя методами (гостированный и метод, содержащийся в прототипе). Разница в результатах испытаний оказалась незначительная. Можно предположить, что результаты испытаний по предлагаемому методу будут аналогичными, так как этот метод является эквивалентным методу, регламентированному ГОСТ 31507-2012.

Проведена оценка стоимости технологического оборудования, необходимого для проведения испытаний по каждой из рассмотренных методик. Эта оценка показала, что наиболее дорогостоящим является метод, регламентированный ГОСТ 31507-2012. Наиболее экономичным является метод, предложенный в патенте № 2573028.

Промежуточное место между этими двумя методиками с точки зрения экономики занимает предлагаемый метод. Его стоимость является не такой высокой по сравнению с гостированным методом, но он дает более точные результаты определения угла крена подрессоренных масс.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Проведен литературно-патентный обзор и анализ существующих методов и технических средств для оценки статической поперечной устойчивости транспортных средств. Установлено, что на сегодняшний день нормативными документами (ГОСТ 31507-2012) в России регламентирован имеется единственный метод испытаний на статическую поперечную устойчивость, предусматривающий применение опрокидывающей платформы.

2. Разработан новый патентно-чистый способ испытания транспортных средств на статическую поперечную устойчивость, исключая необходимость применения опрокидывающей платформы, что подтверждается полученным Патентом RU № 2693140 от 01.07.2019 г.;

3. Обоснована (доказана) эквивалентность разработанного метода методу по ГОСТ 31507-2012, поскольку применяется такая схема испытаний, при которой величины нагрузок на подвеску и колеса идентичны гостированному методу.

4. Разработано оборудование и оснастка для реализации разработанного метода оценки соответствия транспортного средства по параметрам статической поперечной устойчивости. Инженерными конструкторскими расчетами обоснована безопасность применяемой оснастки и оборудования;

5. Проведены сравнительные испытания транспортного средства по методу ГОСТ 31507-2012 и методу по патенту № 2573028. Спрогнозирована погрешность определения угла крена подрессоренной массы ТС предлагаемым методом, а также проведена технико-экономическая оценка эффективности разработанного метода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной диссертационной работы решена задача по разработке нового альтернативного способа испытаний транспортных средств на статическую устойчивость. Показано, что данный способ является не только патентно-чистым, но и эквивалентным способу, который регламентирован ГОСТ 31507-2012.

Применение разработанного способа позволит повысить безопасность транспортных средств и снизить затраты при оценке соответствия транспортных средств установленным требованиям безопасности в эксплуатации в случае внесения изменений в их конструкцию.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 SAE J2180 – A Tilt Table Procedure for Measuring the Static Rollover Threshold for Heavy Trucks – SAE International surface vehicle recommended practice, 2011.

2 Правила ООН № 111 – Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения автоцистерн категорий N и O в отношении их устойчивости к опрокидыванию, 2000.

3 Технический Регламент Таможенного Союза ТР ТС 018/2011 – О безопасности колесных транспортных средств, 2013. – 465 с.

4 ГОСТ 31507-2012 Автотранспортные средства управляемость и устойчивость, Технические требования Методы испытаний – М.: Стандартинформ, 2013. – 53 с.

5 Бояркин, С.В. Разработка метода оценки статической поперечной устойчивости транспортных средств, эквивалентного ГОСТ 31507-2012 / С.В. Бояркин, И.М. Блянкинштейн // АВТОМОБИЛЬ ДЛЯ СИБИРИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА. КОНСТРУКЦИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ЭКОНОМИКА: материалы 90-й Междунар. науч.-тех. конф. (Иркутск, 9-10 апреля, 2015 г.) / под общ. Ред. А.И. Федотова. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2015. – 482 с.

6 Патент 2573028 Российская Федерация, МПК G01M 17/04, B66F 7/22. Способ испытания транспортного средства (варианты) / Блянкинштейн И.М., Бояркин С.В., Ковалев В. А.; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский Федеральный Университет» СФУ – 2014133248/11, 12.08.2014; опублик., 20.01.2016, Бюл. № 2 – 11 с.

7 Гришкевич А.И. Автомобили. Теория Учебник для вузов. - Мн. Выш. шк., 1986 г. -208 с.

8 Патент 2693140 Российская Федерация, МПК G01M 17/04, B66F 7/26. Способ испытания автомобиля на устойчивость / Бояркин С.В., Блянкинштейн И.М., Федотов. И.А.; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский Федеральный Университет» (ФГАОУ ВО СФУ) – 2018122015, 14.06.2018; опублик., 01.07.2019, Бюл. № 19 – 2 с.

9 Электронный каталог красноярского механического завода [Электронный ресурс] : Автомобилеразгрузчик АВС-50. – Режим доступа: <https://ruskonveer.ru/products/avtomobilerazgruzchiki/avtomobilerazgruzchik-avs-50.htm>

10 Официальный сайт «НАМИ» [Электронный ресурс] : Лаборатория управляемости. – Режим доступа: <http://autorc.ru/activities/otdelenie-bezopasnosti-avtomobilej/laboratoriya-upravlyaemosti.html>

11 Сайт испытательной лабораторий продукции автомобилестроения ООО «Испытательный Центр» [Электронный ресурс] : Деятельность лаборатории. – Режим доступа: <http://21mt85.com/deyatelnost-laboratorii/ispytaniya-ts/videogalereya/>

12 Пат. 104885 Российская Федерация, МПК В23К 37/04. Кантователь с подъемными центрами / Моторин А. Н., Малюсейко В. М., Вьюнник Н. В.; заявитель и патентообладатель ООО НПФ «Техвагонмаш»; заявл. 02.12.2010; опубл. 27.05.2011, Бюл. №15. – 9 с.

13 Пат. 2307039 Российская Федерация, МПК В60S 13/00, В60S 5/00. Опрокидыватель / Никитин С. В.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «АГТУ»; заявл. 08.12.2005; опубл. 27.09.2007, Бюл. №27. – 4 с.

14 Пат. 2005138192 Российская Федерация, МПК В60S 13/00. Опрокидыватель / Никитин С. В.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «АГТУ»; заявл. 08.12.2005; опубл. 27.06.2007, Бюл. №2. – 4 с.

15 Пат. 94029 Российская Федерация, МПК В65G 67/48. Автомобилеразгрузчик / Семакин М.С.; заявитель и патентообладатель Семакин М.С.; заявл. 03.08.1994; опубл. 10.09.1996, Бюл. №4. – 3 с.

16 Пат. 1532537 СССР, МПК В66F 7/22. Опрокидыватель для легковых автомобилей / Сланин О. К, Дектярев В. А, Чепурин Ю. Г.; заявитель и патентообладатель ПТБ ПО «Литвбытхим»; заявл. 06.04.1987; опубл. 30.12.1989, Бюл. №48. – 8 с.

17 Пат. 1217777 СССР, МПК В66F 7/22. Подъемник-опрокидыватель для автомобилей / Грачев Ю. А, Дудко В. М, Знатнов Ю. Н; заявл. 04.09.1984; опубл. 15.06.1986, Бюл. №10. – 3 с.

18 Пат. 2982 Российская Федерация, В66F 7/22. Подъемник-опрокидыватель для легковых автомобилей / Поршневу Ю. В.; заявитель и патентообладатель Поршневу Ю. В.; заявл. 19.06.1995; опубл. 16.10.1996, Бюл. №2. – 9 с.

19 Пат. 101029 Российская Федерация, МПК В66F 7/22. Универсальный стационарный цанговый опрокидыватель транспортного средства / Куюков В. В, Евсюков Ю. В., Попов Р. А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «КубГТУ»; заявл. 27.08.2010; опубл. 10.01.2011, Бюл. №1. – 8 с.

20 Пат. 2081810 Российская Федерация, МПК В66F 7/22. Опрокидыватель для автомобилей / Рассмотров Д. А.; заявитель и патентообладатель Рассмотров Д. А.; заявл. 29.09.1994; опубл. 20.06.2002, Бюл. №2. – 9 с.

21 Пат. 2043296 Российская Федерация, МПК В66F 7/22. Кантователь транспортного средства / Соколов С. А., Чижов В. П.; заявитель и патентообладатель Соколов С. А., Чижов В. П.; заявл. 18.10.1991; опубл. 10.09.1995, Бюл. №8. – 5 с.

22 Пат. 94036857 Российская Федерация, МПК В66F 7/22. Опрокидыватель для автомобилей / Рассмотров Д. А.; заявитель и патентообладатель Рассмотров Д. А.; заявл. 29.09.1994; опубл. 10.07.1996, Бюл. №7. – 2 с.

23 Пат. 55352 Российская Федерация, МПК В66F 7/22. Опрокидыватель для автомобилей / Басенко М. П., Редькин В. А.; заявитель и

патентообладатель Басенко М. П.; заявл. 10.01.2006; опубл. 10.08.2006, Бюл. №22. – 5 с.

24 Пат. 167367 Российская Федерация, МПК В66F 7/22. Подъемник-опрокидыватель для легковых автомобилей / Афанасьев А.С., Корякин Ю. В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «СПбГУ»; заявл. 23.05.2016; опубл. 10.01.17, Бюл. №1. – 5 с.

25 Пат. 2000107475 Российская Федерация, МПК E04H 6/06. Опрокидыватель / Никитин С. В., Скороходов В.А.; заявитель и патентообладатель Никитин С. В., Скороходов В.А.; заявл. 27.03.2000; опубл. 27.03.2002, Бюл. №8. – 3 с.

26 Пат. 2000125730 Российская Федерация, МПК E04H 6/06. Опрокидыватель / Никитин С. В., Скороходов В.А.; заявитель и патентообладатель Никитин С. В., Скороходов В.А.; заявл. 12.10.2000; опубл. 20.09.2002, Бюл. №10. – 3 с.

27 Пат. 2543817 Российская Федерация, МПК G01G 19/02. Автомобилеразгрузочный весовой комплекс / Питько И. Г.; заявитель и патентообладатель Питько И. Г.; заявл. 22.04.2011; опубл. 20.06.2012, Бюл. №17. – 12 с.

28 Блянкинштейн, И. М. Оценка конкурентоспособности технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта автомобилей : учеб.пособие / И. М. Блянкинштейн. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2010. – 104 с.

29 Витюнин, М. А. Сопротивление материалов : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению «Педагогическое образование» (профиль «Технология») / М. А. Витюнин, О. А. Чикова. — Екатеринбург : Урал.гос. пед. ун-т, 2014. – 136 с.

30 Марочник сталей и сплавов / А. С. Зубченко [и др.]. – 2-е изд., под ред. Зубченко А.С. – Москва : Машиностроение, 2003. – 784 с.

31 Перышкин, А. В. Физика. 7. кл. : учеб.для общеобразоват. учреждений / А. В. Перышкин – Москва : Дрофа, 2013. – 136 с.

32 Блянкинштейн И. М. Основы проектирования, расчета и эксплуатации технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта автомобилей : метод.указания по курсовой работе / И. М. Блянкинштейн. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 16 с.

33 Федотов, А.И. Методика подготовки диссертации: Учебное пособие. Иркутск.: ИрГТУ, 2013. – 100 с.

34 Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для ВУЗов / Е. С. Кузнецов, А. Л. Болдин. В. М. Власов [и др.]; ред. Е.С. Кузнецов – 4-е изд., перераб. и доп. – М. Наука. 2001. – 535 с.

35 Электронный каталог компании ООО «БИА» [Электронный ресурс] : Стенд определения поперечной статической устойчивости автотранспортных средств – Режим доступа: <https://bia.ru.com/automotive/car-dynamic/the-stand-tipping-over-ats/>.

36 Электронный каталог магазина «Виразж» [Электронный ресурс] : Универсальный интернет-магазин – Режим доступа: <https://www.virage24.ru/>.

37 Блянкинштейн, И. М., Бояркин С.В. О применении эквивалентных методов испытаний автотранспортных средств и автокомпонентов по Правилам ЕЭК ООН / И. М. Блянкинштейн, С.В. Бояркин // Журнал автомобильных инженеров – 2014. – № 4. – С. 48–51.

38 Бояркин С.В. Разработка эквивалентного метода оценки статической поперечной устойчивости автотранспортных средств : автореф. дис. ... асп. : 05.05.03 / Бояркин Сергей Валентинович. – Красноярск, 2018. – 27 с.

39 Подтверждение соответствия транспортных средств, машин и оборудования требованиям технического регламента Таможенного союза : учеб. пособие с грифом УМО / И.М. Блянкинштейн, Е.С. Воеводин, А.С. Кашура, А.М. Асхабов, Д.А. Худяков. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2015. – 344 с.

40 Блянкинштейн И.М. Безопасность транспортных средств : учеб. пособие с грифом МААДО. / И.М. Блянкинштейн, В.А. Ковалев, Д.А. Морозов. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2018. – 216 с.

41 Блянкинштейн И.М. Способ испытания автомобиля на устойчивость / И.М. Блянкинштейн, И.А. Федотов, С.В. Бояркин // Борисовские чтения. – 2019. – № 1. – С. 219-222.

42 Blyankinshtein I.M. Alternative method for evaluation of vehicle static transverse stability / I.M. Blyankinshtein, I.A. Fedotov, D.A. Khudyakov, F. Y. Smolenkov, E.G. Mahova, I.M. Kolesnikov // Journal of Physics Conference Series. – 2019/ – 1399.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АТС – автотранспортное средство;
мин – минуты;
т – тонна;
кг – килограмм;
м – метр;
мм – миллиметр;
Н – ньютон;
кг – килограмм;
НИИАТ – научно-исследовательский институт автомобильного транспорта.
ООО – общество с ограниченной ответственностью.
РФ – Российская Федерация.
СНГ – Содружество Независимых Государств.

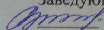
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е.С. Воеводин


« ____ » _____ 2020 г.


МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ


«Совершенствование методики оценки поперечной устойчивости
транспортных средств»

23.04.01 Технология транспортных процессов

23.04.01.02 Оценка соответствия и экспертиза безопасности на транспорте

Научный руководитель  профессор, д.т.н. И.М. Блянкинштейн

Выпускник  И.А. Федотов

Рецензент  зам. директора ООО «УНИК-АВТО», к.т.н. А.Г. Ковалев

Красноярск 2020