

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему Расчет рамы автомобиля класса «Формула студент» на  
прочность в условиях сложного нагружения

Студент

Фадеев М.И.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Прокопьев М.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

Краснопевцева И.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Москалюк А.Н.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Головач О.А.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Егоров А.Г.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

И. о. заведующего кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ »

20 18 г.

## АННОТАЦИЯ

Расчет рамы автомобиля класса «Формула студент» на прочность в условиях сложного нагружения. Дипломный проект. Тольятти. Тольяттинский Государственный Университет, 2018 г. Настоящий дипломный проект посвящен расчету рамы гоночного болида класса «Формула студент» 2018. Проект «Формула студент» уже несколько лет существует в Тольяттинском Государственном Университете и успешно продвигается студенческой командой на международных соревнованиях.

Расчет рамы гоночного болида на прочность и жесткость является одной из важнейших задач для студентов, разрабатывающих конструкцию рамы болида в 2018 году. Исходя из этого, можно сказать, что тема данного дипломного проекта, основанная на расчете рамы болида класса «Формула студент» на прочность и жесткость, является весьма полезной в конструировании и осуществлении проекта в целом.

В работе выполнен тягово-динамический расчет гоночного болида, а также необходимые конечно-элементные расчеты каркаса. Исследовательская часть содержит конечно-элементный анализ прочности и жесткости каркаса гоночного болида. В результате проведенного анализа были получены результаты прочности и жесткости, которые не превышают максимальные допустимые значения, приведенные в регламенте «Формула студент». Конечно-элементная модель каркаса была получена в универсальном пре- и постпроцессоре ANSYS. Также, в проекте предложены мероприятия, направленные на обеспечение безопасности жизнедеятельности при производстве сварочных работ. В разделе «Экономическая эффективность проекта» выполнены расчеты себестоимости изготовления каркаса гоночного болида.

## ABSTRACT

Graduation project is devoted to the calculation of the car frame class "Formula Student" for strength under conditions of complex loading.

This graduation project is dedicated to calculating the frame of a racing car of the class "Formula Student" 2018. The project "Formula Student" has existed for several years in Togliatti State University and is successfully promoted by the student team at international competitions.

In work the traction-dynamic calculation of a racing car is executed, as well as the necessary finite element calculations of the carcass. The research part contains a finite element analysis of the strength and rigidity of the frame of a racing car. As a result of the analysis, the results of strength and rigidity were obtained, which do not exceed the maximum permissible values given in the "Formula Student" regulations. The finite element model of the framework was obtained in the universal pre- and postprocessor ANSYS. Also, the project proposes activities aimed at ensuring safety of vital activity in the production of welding operations. In the section "Economic efficiency of the project" calculations of the cost of manufacturing the frame of a racing car were made.

## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 Состояние вопроса .....	7
1.1 Назначение рамы .....	7
1.2 Требования, предъявляемые к конструкции каркаса (кузова) .....	8
1.3. Система классификации каркасов .....	9
1.4. Обзор и тенденции развития. ....	14
1.5. Конструкция каркаса гоночного болида «Формула Студент» .....	22
2 Защита интеллектуальной собственности .....	24
3 Конструкторская часть .....	25
3.1 Тягово-динамический расчет .....	25
3.1.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета .....	25
3.1.2 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя .....	27
3.1.3 Определение передаточного числа главной передачи .....	28
3.1.4 Силовой баланс автомобиля .....	29
3.1.5 Динамические характеристики автомобиля .....	31
3.1.6 Разгон автомобиля .....	32
3.1.7 Время и путь разгона .....	35
3.1.8 Мощностной баланс автомобиля .....	38
3.1.9 Расчет топливо-экономической характеристики автомобиля .....	41
4 Исследовательская часть .....	43
4.1 Общие требования .....	43
4.2 Требования технического регламента к конструкции .....	45
4.3 Описание расчетной модели каркаса гоночного болида Formula Student ..	50
4.4 Анализ прочности основных защитных элементов .....	52
5 Экономическая эффективность проекта .....	59
5.1 Определение себестоимости каркаса гоночного болида .....	59
5.2 Определение точки безубыточности проекта .....	62

5.3	Определение эффективности проекта .....	65
6	Безопасность и экологичность объекта .....	68
6.1	Конструктивная характеристика каркаса гоночного болида .....	68
6.2	Технико-организационная характеристика технического объекта.....	68
6.3	Идентификация профессиональных .....	71
6.4	Методы и средства снижения профессиональных рисков ОВПФ на участке сварки каркаса .....	72
6.5	Химические воздействия .....	75
6.6	Производственный шум .....	77
6.7	Тяжесть труда.....	77
6.8	Вибрация .....	78
6.9	Организационные мероприятия .....	78
6.10	Планировочные мероприятия .....	79
6.11	Технические мероприятия.....	81
6.12	Обеспечение электробезопасности.....	82
6.13	Обеспечение пожарной безопасности.....	82
6.14	Обеспечение экологической безопасности на участке сварки .....	85
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	86
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	87
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	90

## ВВЕДЕНИЕ

Половину от общей стоимости автомобиля может достигать себестоимость изготовления кузова и рамы. На это влияет постоянное изменение нормативных требований к безопасности автомобиля, снижение себестоимости его изготовления и увеличение способности конкурировать на рынке.

Кузов автомобиля является основной частью и выполняет несколько функций одновременно: выдерживание рабочей нагрузки (пассажиры и груз), защита пассажиров и водителя от внешних повреждений при дорожно-транспортных происшествиях и т.д.

Из этого следует, что проектирование рамы и каркаса автомобиля является достаточно трудоемкой задачей, так как требуется решение противоречивых инженерно-технических вопросов. В этом основное место занимает оптимизация структуры проектирования кузова и каркаса автомобиля с применением современных методов.

Команда студентов в 2018 году применяет современные системы автоматизированного проектирования при конструировании гоночного болида.

Целью курсовой работы является расчет рамы на прочность в условиях сложного нагружения гоночного болида «Формула Студент» 2018 Тольяттинского государственного университета.

# 1 Состояние вопроса

## 1.1 Назначение рамы.

Рама является одной из наиболее важных частей, которая объединяет все узлы и агрегаты автомобиля. Оптимальный вариант - это рама с меньшей массой, но с высокой жесткостью на кручение. Для проектирования каркаса требуется провести анализ крутильной жесткости рамы и проверку этих результатов с использованием теста крутильной жесткости.

Автомобили, построенные с помощью рамной конструкции, рассчитаны на высокие нагрузки. Такие автомобили должны быть способны перевозить большой груз и легко преодолевать тяжёлую дорогу. Поэтому к рамному производству довольно высокие прочностные требования. Она должна быть стойкой к колебаниям на дорожных неровностях.

«Каркас является самой дорогой и важной составляющей автомобиля, так как от его прочности и жесткости зависят управляемость, безопасность, грузоподъемность и ряд других важных показателей автомобиля» [1].

В Формуле студент используется множество типов несущих систем, таких как: трубчатые или пространственные (tubular frame), монокок (Monocoque) и т. д. Трубчатая рама, как показано на рисунке 1.1, представляет собой жесткую конструкцию, выполненную из взаимно блокирующих распорок в геометрическом шаблоне. Трубчатые рамы представляют собой ряд трубок, которые соединены вместе, образуя структуру, которая соединяет все необходимые компоненты вместе. Пространственная рама проста и дешева по сравнению с другими. Поэтому её обычно используют на студенческом уровне.



Рисунок 1.1 – Трубчатая рама

«К тому же, автомобильная рама – это несущая система автомобиля, представляющая собой «скелет», на который крепятся кузов, двигатель и т.д. Полученная конструкция называется шасси. Рамное шасси в большинстве случаев может даже перемещаться по дороге отдельно от кузова автомобиля» [1]

## 1.2 Требования, предъявляемые к конструкции каркаса (кузова)

Так как каркас является одной из самых важных частей автомобиля, данный элемент конструкции должен удовлетворять ряду различных требований. К конструкциям каркасов и кузовов предъявляются специфические требования, различия которых зависят от типа автомобиля [2]. Выделим основные требования по типам автомобилей.

К грузовым автомобилям относятся: производительность от несущей системы, тип кузова (самосвал, цистерна, фургон и т.д.), габаритные размеры, внешность и эргономика кабины.

К автобусам относятся: вместимость пассажиров, компоновка с типом кузова, система пассажирского и багажного отделений.

К легковым автомобилям относятся: комфорт пассажиров, класс и минимизация массы автомобиля.

Общие предъявляемые требованиям относятся: соответствие назначению конструкции каркаса (кузова), прочность и долговечность каркаса или рамы, экономичность и масса, пассивная безопасность кузова (каркаса или рамы), экологичность материалов.

Спортивные автомобили относятся к специальной категории транспортные средства. Которым в свою очередь предъявляют особые требования к соответствию конструкции регламенту, минимальной массе, требования к материалам каркаса и технология изготовления.

### 1.3 Система классификации каркасов

На протяжении многих лет балочный тип шасси использовался на большинстве спортивных автомобилей массового производства, но специалисты-строители неоднократно демонстрировали преимущества различных типов трубчатых шасси. Таким образом, без учета крутильно-неэффективного типа балок простейшая форма шасси представляет собой двухтрубную или лестничную раму с двумя боковыми элементами большого диаметра и боковыми или диагональными креплениями или их смесью в трубах одинакового или меньшего диаметра; последние обеспечивают как повышенную жесткость скручивания, так и крепления для основного и вспомогательного компонентов [3]. Наиболее распространенным материалом для этого типа рамы является труба из мягкой стали толщиной 3 дюйма или 16 мм, а обычным способом строительства является электрическая или газовая сварка. Необходима осторожность при соединении труб различного диаметра во избежание локального разрушения, и это обычно преодолевается за счет использования клиновидных пластин для распределения нагрузки до полного диаметра трубки.

Шасси с двумя трубками, хотя и относительно тяжелое и не имеющее жесткости при кручении, легко изготавливается и очень долговечно из-за использования тяжелого калибровочного материала. Кроме того, он не подвержен случайному повреждению и обеспечивает хорошую доступность механических компонентов. С помощью подрамников довольно легко организовать крепления для всех компонентов. При проектировании шасси этого типа необходимо в первую очередь расположить подвеску, двигатель, коробку передач, дифференциал и крепление сидений. Решив это, довольно просто найти оптимальное положение для шасси. С двухтрубным автомобилем это не очень важно, так как жесткость при кручении сильно не меняется при изменении положения трубок [4]. Грузоподъемность такого шасси при изгибе невелика, так как рама должна выдерживать довольно высокие нагрузки, а круглый трубопровод не подходит для тяжелой нагрузки таким образом. Тормозная мощность также очень мала, поскольку жесткость на кручение шасси зависит исключительно от секции используемой трубки. Крестообразное крепление помогает при изгибе крутильных нагрузок. Принимая во внимание задействованные нагрузки, труба овального сечения, возможно, окажется лучше, чем круглый для вторичных установок, где встречаются только изгибающие нагрузки. Однако овальная трубка не является удовлетворительной для основных элементов, из-за отсутствия жесткости при кручении.

Для любого заданного веса трубы, крутильная жесткость поперечного сечения двухтрубной рамы может быть улучшена за счет использования одной трубки с немного большим диаметром [5]. Относительность жесткости на кручение, это нецелесообразно для шасси спортивного автомобиля, в основном из-за осложнений.

Шасси с двумя трубками всегда должно быть относительно тяжелым из-за дополнительного веса, необходимого из-за низкой эффективности рамы. Усложнение в строительстве сведено к минимуму из-за небольшого числа отдельных участников, их большей толщины стенок и использования

дуговой сварки, все из которых сокращают затраты на строительство. Кроме того, в этом типе шасси при изготовлении встречается минимальное искажение, вызванное сваркой.

С шасси с двумя трубками важно создать переднюю подвеску, которая обеспечивает адекватную поддержку подвесным устройствам и в то же время передает подвесные нагрузки в основную конструкцию шасси. В этом случае квадратная или прямоугольная секционная труба может быть лучше, чем круглые трубки с проектной точки зрения. То же самое можно сказать и о задней подвеске, если используются пружины, но с независимой задней подвеской в центре шасси требуется несущая рама, и это должно быть способно подавать нагрузки передачи в основную конструкцию [6]. Одна тяжелая поперечная рама, обычно находящаяся на спуске на переднем моторе, должна обеспечивать поддержку таких относительно тяжелых предметов, как рулевая колонка батареи, корпус, дверные петли, огнестойкие перегородки и тормоза, педали сцепления и педали акселератора.

В настоящее время существует система классификации рам, кузовов и каркасов автомобилей [6]. Эти основные компоненты любого автомобиля несут в себе две разные функции: несущая и эстетическо-декоративная. Система классификации несущих систем представлена на рисунке 1.2.

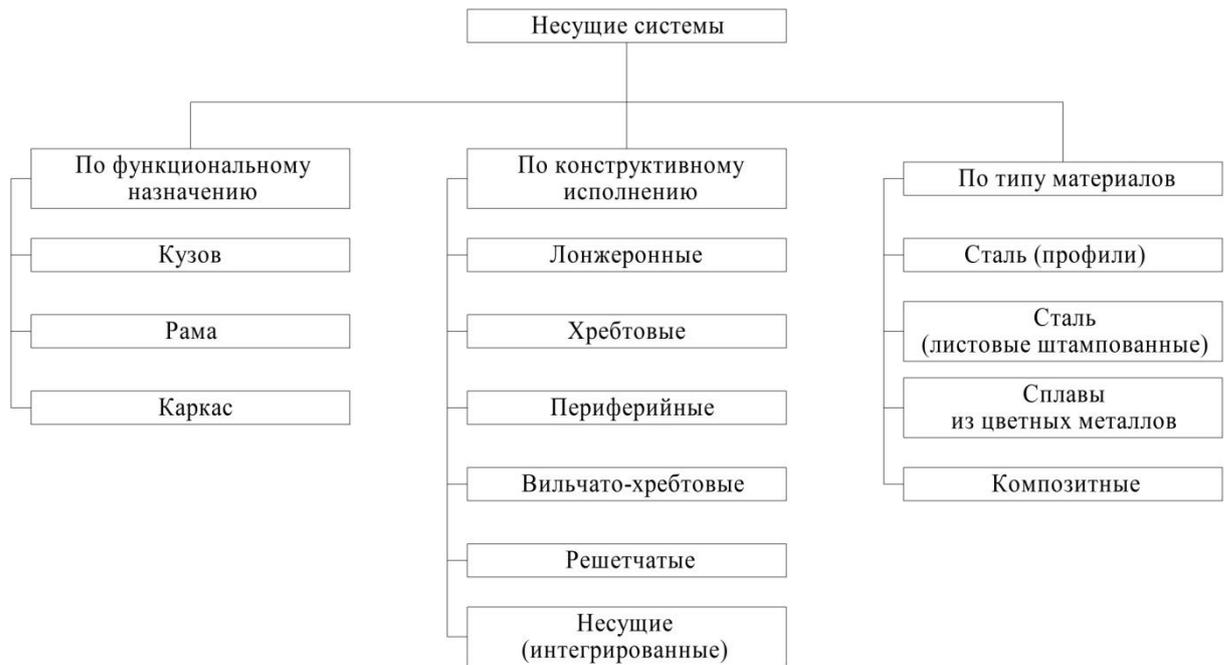


Рисунок 1.2 – Система классификации несущих конструкций

Для лонжеронных рамных конструкций характерно наличие двух металлических продольных балок, проходящих через всю длину кузова. Их ещё называют лонжеронами, отсюда рама получила своё название. В английской терминологии этот вид рам часто называют лестничным из-за внешней схожести с одноименным предметом. Балки соединяются между собой траверсами – поперечинами, придающими такой раме жёсткости. Форма поперечных балок бывает разной (К образные, Х-образные, трубчатые), а фрагменты рам могут соединяться между собой при помощи сварки (преимущественно легковые автомобили), заклепок (грузовики) или даже болтов (штучные экземпляры). Главное преимущество лонжеронной рамы – простота конструкции и технологичность. Главные же недостатки – большой вес и громоздкость, что отрицательно сказывалось на полезном пространстве внутри машины [7].

Для хребтовых рамных конструкций присуще наличие одной продольной балки (или трубы), внутри которой размещаются трансмиссионные валы, и которая соединяет картер заднего ведущего моста с силовым агрегатом и трансмиссией. Автомобили с хребтовыми рамами

преобладают меньшим весом над автомобилями с лонжеронными рамами, а также большей крутильной жёсткостью. Основным недостатком считается трудный доступ к встроенным в раму агрегатам.

Также существуют вильчато-хребтовые рамы. Это подвид хребтовых рам, и его главной особенностью является то, «что и передняя, и задняя части представляют собой трезубцы, основой которых есть центральная труба каркаса, а от неё уже отходят два лонжерона, которые используют для крепления узлов и агрегатов» [8]. В них используется обычный карданный вал, а картеры мостов и двигателя не являются единым целым с центральной трубой. Главный недостаток таких машин – неважная управляемость из-за расположения мотора сзади.

Разновидность лонжеронных рам, которую начали массово применять на крупных европейских легковых авто и американских «дредноутах» в 60-х годах [9]. В этих рамах лонжероны размещены так широко сзади, что при установке кузова находятся у порогов, что позволило значительно повысить уровень пола и уменьшить саму высоту автомобиля. Большие плюсы такого авто в том, что он максимально приспособлен к боковым ударам, но и минус немаленький есть – кузов автомобиля должен быть более прочным и жёстким, так как рама неспособна выдержать большую нагрузку.

Пространственные рамы наиболее сложный вид рамной конструкции, который используется в производстве спортивных авто. Они чаще всего создавались из тонких труб (изготавливавшихся с применением легированных сталей, изделиям из которых несвойственно кручение). Сегодня в автоспорте пространственные рамы уступили место монококам, но обрели вторую жизнь в автобусостроении.

Как правило встроенные в кузов рамные конструкции имеют сходство с решетчатыми рамами. Они соединяются с кузовом посредством сварки. Положительные качества таких несущих конструкций являются: простота, невысокая стоимость и легкая трансформация для использования на нескольких модификациях транспортных средств [10].

Несущее основание автомобиля – это промежуточный этап между рамной конструкцией и несущим кузовом. В этом варианте рама объединяется с полом кузова. Такая конструкция достаточно технологична при крупносерийном производстве, и притом удается обеспечить низкий центр тяжести машины и низкий уровень пола в салоне. У большинства современных автобусов днище также является несущим, только кузов к нему приваривается, а не прикручивается.

#### 1.4 Обзор и тенденции развития

Автомобильная промышленность является одной из самых больших и инновационных в отрасли в целом. Почти все изготовленные автомобили и транспортные средства производятся массовым производством, но в самом начале автомобили были изготовлены теми же технологиями ручной работы, которые использовались на протяжении веков для строительства конных экипажей. Из-за проблемы большого количества компонентов и сборки, полагаясь на присоединение элементов, процедура была изменена. Он был начат Генри Фордом, который разработал методы массового производства, основанные на предварительном производстве винтовок во время Гражданской войны в США. Производство линии было основано на специальных дорожках, поэтому шасси автомобиля было перемещено на следующих сборочных станциях с компонентами верхнего склада. Таким образом, автомобильная промышленность из небольших мастерских, производящих ручную машину, превратилась в огромную корпорацию с массовыми технологиями производства с цепочкой поставок компонентов.

Все нововведения и современные технологии берут начало в автоспорте. В дополнение к прямым инженерным вопросам разработчик транспортного средства должен учитывать политические проблемы, такие как загрязнение и рециркуляция. Таким образом, постоянно проводятся исследования материалов двигателя и транспортных средств с точки зрения охраны окружающей среды и безопасности. Новые материалы вызывают

изменения в конструкции из-за различных физических и механических свойств. Проблемы поглощения вибрации, динамики автомобиля и стабильности в местности становятся значительными факторами для разработки проекта и новых конструкций.

Во всем автомобилестроение ведущими являются спортивные и гоночные машины. При их проектировании применяется совокупность новейших конструкторских и технологических решений, а также использование современного оборудования и материалов.

Рассмотрим несколько примеров передовых решений по конструкциям гоночных автомобилей.

Гоночные болиды Формула-1 (F1) (Рисунок 1.3) долгое время являются самым известным представителем среды гоночных автомобилей. Легко предположить, что при создании данных болидов ведутся весьма затратные по себестоимости приготовления, если учитывать уровень применяемых ультрасовременных технологий, материалов и инженерного проектирования.



Рисунок 1.3 – Гоночный болид Формула-1(F1)

Несущая система болида Формулы 1 представляет собой композитный монокок (Рисунок 1.4) с навесными элементами, выполняющими функцию аэродинамических компонентов.

Из этого следует, что основой всего автомобиля является композитный монокок. Эта система имеет места для установки силового агрегата, передней и задней подвески. Монокок – это цельная система, в которой (в отличие от каркасных или же рамных конструкций) наружная оболочка считается главным и, как правило, единственным несущим составляющей [11]. В серьезном значении, термин «монокок» используется к фюзеляжам ранешних самолётов; в современном языке термин еще используется к несущим кузовам гоночных автомашин, лодок и к велосипедным рамам.

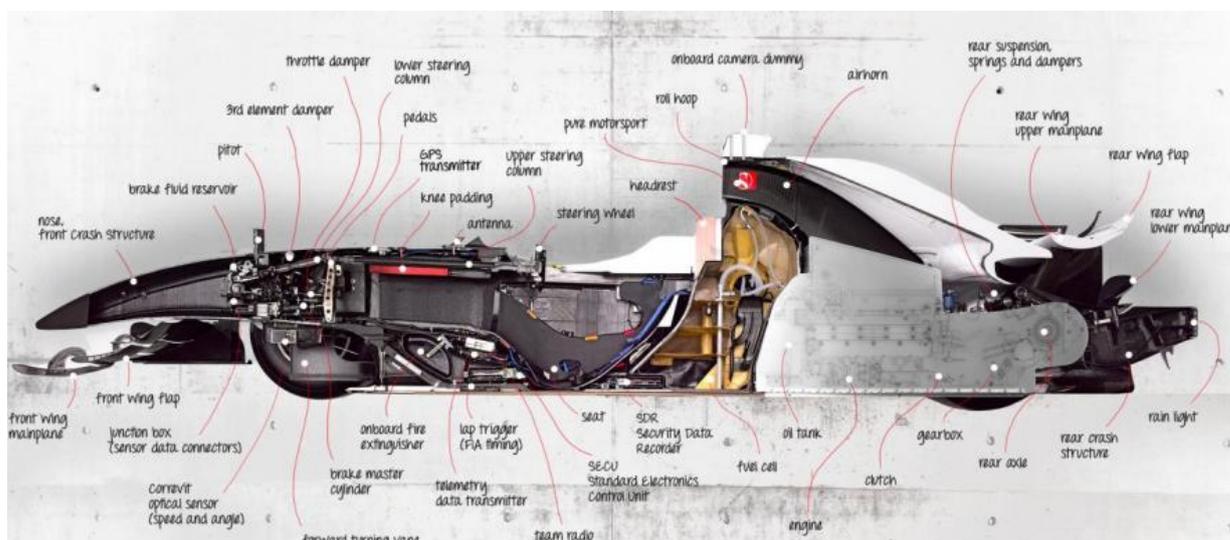


Рисунок 1.4 – Конструкция несущей системы Формула-1

Иным не наименее знакомым adeptом дорогих гоночных автомашин считаются Ле-Ман [3]. Это авто, участвующие в гонках на выносливость, то есть на дальние расстояния.

Несущие системы (Рисунок 1.5) данных болидов разработаны по принципу «защитный монокок плюс подрамники». Этот принцип подразумевает что кабина выполняет защитную функцию водителя и штурмана, за счет выполнения из сварных листовых систем из листового и трубчатого профиля (преимущественно из алюминия). С помощью болтовых

соединений подрамники соединяются с монококом и имеют объединенную структуру с картером двигателя. Передняя и задняя подвески устанавливаются на подрамники.

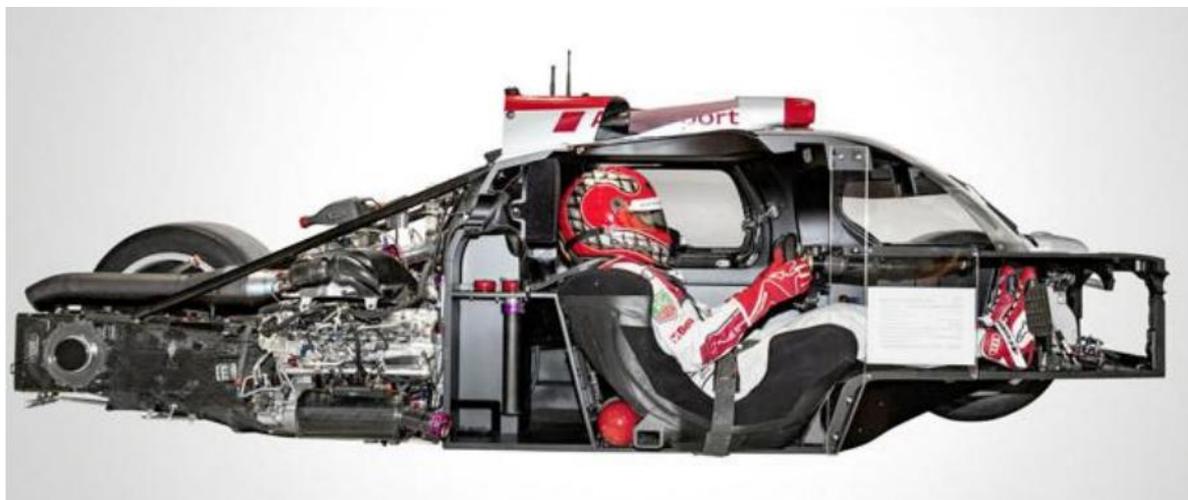


Рисунок 1.5 – Несущая система автомобилей LMP2

Есть гоночные авто с цельно несущим монококом из композитного материала (Рисунок 1.6). Эти материалы дают больше возможностей при конструировании и сборке болида и позволяют снизить массу всей несущей системы, что улучшает результаты в гонке. Но также использование данных материалов повышает стоимость изготовления, так как композитные материалы дороже обычных.



Рисунок 1.6 – Гоночный болид с несущим монококом

Не обращая внимания на популярность рассмотренных выше систем несущих систем самых популярных гоночных серий, более глобальным считается класс гоночных автомашин с несущим пространственным каркасом. К адептам гоночных автомашин с этой группой несущих систем возможно отнести Формула студент, Формула Юниор, гоночные авто, принимающие участия в гонках Париж-Дакар и иные.

Для рассмотрения конструкции возьмем для примера гоночные автомобили, участвующие в долгих и сложных гонках Париж-Дакар. Обычно, для таких гонок используются высоко модернизированные серийные автомобили. Например, гоночный автомобиль Mitsubishi Pajero (Рисунок 1.7) имеет объединенный пространственный трубчатый каркас, проходящий во всю длину кузова от передней до задней оси. Применение дополнительного каркаса позволяет повысить устойчивость автомобиля к экстремальным нагрузкам при движении с большими скоростями по пересеченной местности.



Рисунок 1.7 – Пространственный каркас гоночного автомобиля  
Mitsubishi Pajero

Данный интегрированный силовой каркас так же, как и при использовании монокока, выполняет защитную роль для гонщика и штурмана. В этом каркасе полезный размер салона миниатюризируется. Несущая система состоит из стали с использованием «труб круглого сечения и штампованных усилителей» [4], в более серьезных зонах приваренна.

В менее высоких и глобальных гоночных сериях пользуются гоночные авто всецело имеющие «пространственную рамную несущую систему» [2]. Одним из ярчайших адептов этих автомашин считается Формула Юниор (Рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Пространственный каркас гоночного болида Формула Юниор

Довольно увлекательным представителем аналогичным гоночных автомашин, которые применяются не лишь только в состязаниях, но и в будничной жизни считаются авто марки Caterham (Рисунок 1.9) [12]. Этот изящный гоночный автомобиль снабжен дополнительными системами, позволяющими использовать его на улицах города (освещение, например).

Как можно видеть на рисунке, болид содержит пространственный каркас, на котором устанавливаются пластмассовые составляющие обвеса, пола, части подвески, двигателя и т. д.

Автомашина содержит «двухместную компоновочную схему со смещением центра тяжести» [2] обратно, поближе к основным колесам.

Конструктивно ободок приготовлен из высоколегированных железных труб и содержит ярко воплощенную ферменную систему с использованием триангуляции.



Рисунок 1.9 – Гоночный автомобиль марки Caterham

Основным направлением развития изготовления несущих систем гоночного болида является внедрение в применение современных легких и прочных материалов, таких как: углепластик, фиброволокна, кевлар, графен и т.д. (Рисунок 1.10). Такие конструкции имеют отличную компоновку и высокую прочность при относительно небольшой массе. Это позволяет компенсировать массу для других узлов и агрегатов.

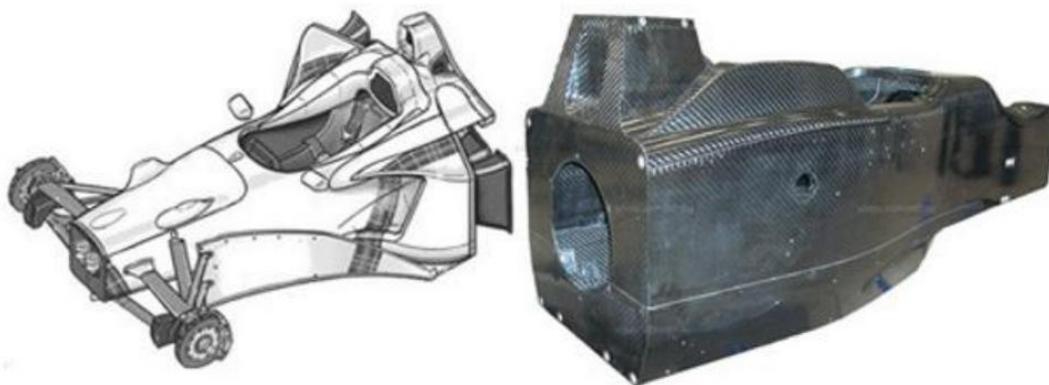


Рисунок 1.10 – Монокок гоночного болида из кевлара

## 1.5 Конструкция каркаса гоночного болида «Формула Студент»

Для специальных транспортных средств очень важно использование автомобиля во время работы. Он становится фактором воздействия которые предназначены для конкретных условий эксплуатации и определенной цели полезности. Таким образом, существует много типов шасси. Начиная с исторических лестничных рамок, используемых ранними легковыми автомобилями. Эти рамы несут всю нагрузку, но могут вмещать большое разнообразие форм тела. Он имеет хорошую прочность на изгиб и жесткость, но очень низкую крутильную жесткость. Эти рамы все еще используются в легких транспортных средствах.

Другим типом являются крестообразные рамы, которые могут нести крутильные нагрузки, поскольку ни один элемент рамы не подвергается крутящему моменту. Он выполнен из двух прямых балок и имеет только изгибные нагрузки.

Рамка задней коронной трубы (трубчатая рама) выполнена из закрытой коробчатой секции в качестве основной задней кости. Проходные балки сопротивляются боковым нагрузкам и изгибу и кручению задней кости. Преимущество использования труб, а не предыдущих открытых каналов, заключается в том, что они лучше сопротивляются торсионным силам. Типичным шасси для гоночного болида является пространственная рама, которая представляет собой легкую жесткую конструкцию, выполненную из взаимоблокирующих распорок геометрическим рисунком. Элементы балки несут либо растягивающие, либо сжимающие нагрузки благодаря присущей жесткости треугольной рамы. Как в раме, так и в корпусе рамы, подвеска, двигатель и панели кузова прикреплены к каркасу скелетных трубок, а панели кузова практически не имеют структурной функции.

В итоге исполненного анализа имеющихся конструктивных заключений спортивных автомашин в гоночной промышленности, а еще с учетом предыдущего навыка команды Формула студент и ограничений технического регламента состязаний принято заключение остановиться на

данной системе болида 2018 года: каркас предназначен для установки узлов и агрегатов, является пространственной ферменной системой из труб круглого сечения, образующих защитную раму для водителя.

Эскиз каркаса гоночного болида, рассчитываемого в данной работе, представлен на рисунке 1.11.

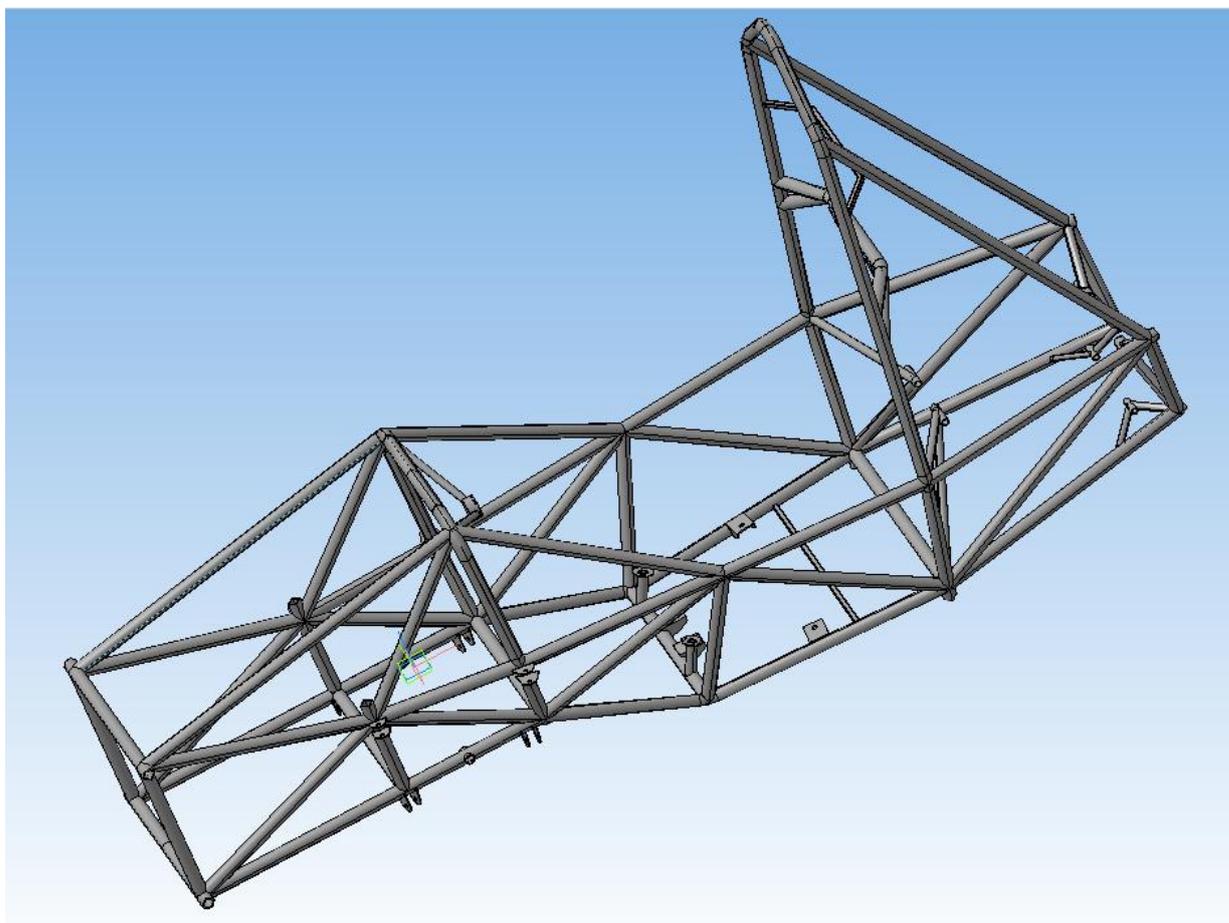


Рисунок 1.11 – Рама «Формула Студент 2018»

Целью работы является выполнение дипломного проекта, направленного на анализ прочности и жесткости основных защитных элементов рамы гоночного болида, имеющего достаточную жесткость в пределах значений приведенных в регламенте Formula Student.

## 2 Защита интеллектуальной собственности

Не предусмотрено.

Руководитель \_\_\_\_\_/Прокопьев М.В./

### 3 Конструкторская часть

#### 3.1 Тягово-динамический расчет

Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета заднеприводного легкового автомобиля «Formula Student» сведем в таблицу 3.1. Расчет производился в соответствии с методикой описанной в источнике [13].

Таблица 3.1 - Исходные данные для проведения тягово-динамического расчета

Параметр	Значение
Колесная формула	4x2
Количество мест	1
Снаряженная масса $m_0$ , кг	225
Максимальная скорость $V_{max}$ , км/ч (м/с)	268(74,42)
Угловая скорость коленчатого вала $\omega_e^{max}$ , рад/с (об/мин)	837,76 (8000)
Максимальная мощность двигателя $N_e^{max}$ , кВт	43
Максимальный крутящий момент двигателя $M_e^{max}$ , Н·м	52,2
Тип и размерность колеса	200/75R13
Коэффициент аэродинамического сопротивления $C_x$	0,32
Величина максимального преодолеваемого уклона $i$	0,34
КПД трансмиссии $\eta_{тр}$	0,85
Габаритная ширина автомобиля $B$ , мм	1456
Габаритная высота автомобиля $H$ , мм	1140
Коэффициент сопротивления качению $f_0$	0,045
Передаточные числа:	
– первой передачи коробки передач $U_1$	2,5
– второй передачи коробки передач $U_2$	1,75
– третьей передачи коробки передач $U_3$	1,33
– четвертой передачи коробки передач $U_4$	1,095
– пятой передачи коробки передач $U_5$	0,956
– шестой передачи коробки передач $U_6$	0,869
– главной передачи $U_0$	3,46

##### 3.1.1 Подготовка исходных данных для тягового расчета

Полная масса автомобиля:

$$m_a = m_0 + m_q \cdot n + m_6 \cdot n , \quad (3.1)$$

$m_0$  – снаряженная масса автомобиля, кг;

$m_{\text{ч}} = 75$  кг – масса одного человека;

$n$  – число пассажиров;

$m_{\text{б}}$  – вес багажа.

$$m_{\text{а}} = 225 + 75 \cdot 1 = 300 \text{ кг}$$

Полный вес автомобиля:

$$G_{\text{а}} = m_{\text{а}} \cdot g , \quad (3.2)$$

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

$$G_{\text{а}} = 300 \cdot 9,81 = 2943 \text{ Н}$$

Автомобиль имеет заднеприводную компоновку (задние колеса ведущие), принимаем распределение веса по осям в соотношении: 46% на передние колеса и 54% - на задние [14].

Вес, приходящийся на ведущие колеса:

$$G_1 = 0,50 \cdot G_{\text{а}} = 0,46 \cdot 2943 = 1471,5 \text{ Н};$$

Вес, приходящийся на ведомые колеса:

$$G_2 = 0,50 \cdot G_{\text{а}} = 0,54 \cdot 2943 = 1471,5 \text{ Н}$$

Параметры обтекаемости автомобиля

Коэффициент обтекаемости

$$k = \frac{C_x \cdot \rho}{2} , \quad (3.3)$$

$\rho = 1,293$  – плотность воздуха в нормальных условиях,  $\text{кг/м}^3$ .

$$k = \frac{0,32 \cdot 1,293}{2} = 0,206$$

Лобовая площадь автомобиля

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H , \quad (3.4)$$

$B$  – габаритная ширина автомобиля, м;

$H$  – габаритная высота автомобиля, м.

$$F = 0,8 \cdot 1,46 \cdot 1,14 = 1,332 \text{ м}^2$$

Согласно выбранной ширине 200/75R13, радиус качения данной шины рассчитывается по формуле:

$$r_{\text{к}} = 0,5 \cdot d + \lambda_z \cdot H , \quad (3.5)$$

$d$  – посадочный диаметр шины, дюйм;

$\lambda_z = 0,85$  – коэффициент вертикальной деформации;

$H$  – высота профиля шины.

$$r_k = 0,5 \cdot 0,33 + 0,85 \cdot 0,12 = 0,267 \text{ м}$$

### 3.1.2 Расчет внешней скоростной характеристики (ВСХ) двигателя

Мощность двигателя при максимальной принятой скорости движения:

$$N_V = N_{\max} \cdot a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3, \quad (3.6)$$

$a, b, c$  – эмпирические коэффициенты ( $a = b = c = 1$  для карбюраторного двигателя),

$$\lambda = \frac{\omega_{\max}}{\omega_N} = \frac{837,76}{733,04} = 1,14.$$

$$N_V = 43011 \cdot 1,14 + 1,14^2 - 1,14^3 = 41206,95 \text{ Вт.}$$

Рассчитываем ВСХ двигателя по формуле:

$$N_e = N_{\max} \frac{\omega_e}{\omega_N} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N}\right)^3, \quad (3.7)$$

$\omega_e$  – текущее значение угловой скорости коленвала, рад/с;

$\omega_N$  – угловая скорость коленвала при максимальной мощности, рад/с (733,04рад/с).

$N_e$  – текущее значение эффективной мощности двигателя, Вт.

Для построения кривой эффективного момента  $M_e$  (Н · м) применяем формулу:

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e}, \quad (3.8)$$

Рассчитываем зависимости  $N_e(\omega_e)$  и  $M_e(\omega_e)$ . Результаты расчетов сводим в таблицу 3.1 и представляем в виде графика. (Рисунок 3.1)

Таблица 3.1 – Результаты расчетов

$n_e$ , об/мин	$\omega_e$ , рад/с	$N_e$ , кВт	$M_e$ , Н · м
3000	314,1592653	14,2472308	45,8002519
3500	366,5191429	16,7843017	46,3060082
4000	418,8790205	19,5359384	47,2956151
5000	523,5987756	29,5907479	57,2389569
5500	575,9586531	35,3320922	62,3126421

Продолжение таблицы 3.1

$n_e$ , об/мин	$\omega_e$ , рад/с	$N_e$ , кВт	$M_e$ , Н·м
6000	628,3185307	37,6326608	60,7641359
6500	680,6784082	41,4567934	61,8221759
7000	733,0382858	43,0106837	59,5609494
8000	837,7580409	42,9999649	52,22135

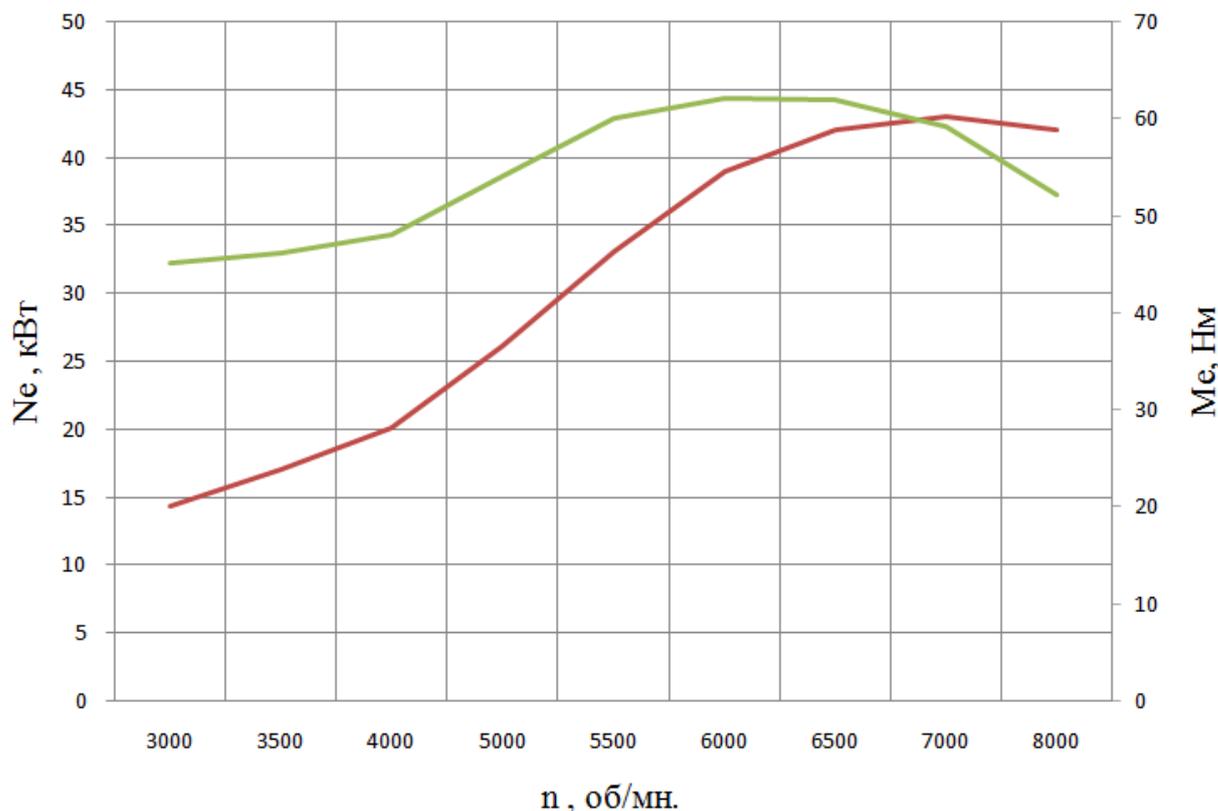


Рисунок 3.1 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

### 3.1.3 Определение передаточного числа главной передачи

Передаточное число главной передачи  $U_0$  определяется, исходя из заданного значения максимальной скорости автомобиля  $V_{\max}$ :

$$U_0 = \frac{r_k \cdot \omega_{\max}}{U_k \cdot V_{\max}}, \quad (3.9)$$

$U_k = U_3 = 0,87$  – передаточное число высшей передачи в коробке передач автомобиля, на которой обеспечивается максимальная скорость;

$$U_0 = \frac{0,267 \cdot 837,758}{0,87 \cdot 74,4} = 3,46$$

Для дальнейших расчетов принимаем значение главной передачи принятой в задании на курсовой проект  $U_0=3,46$ .

Дальнейшие расчеты проводим по повышенному ряду передаточных чисел (повышенная передача в раздаточной коробке).

### 3.1.4 Силовой баланс автомобиля

Уравнение силового баланса:

$$F_T = F_d + F_B + F_{и}, \quad (3.10)$$

$F_m$  – сила тяги ведущих колес, Н;

$F_D$  – сила дорожного сопротивления, Н;

$F_B$  – сила сопротивления воздуха, Н;

$F_u$  – сила сопротивления разгону автомобиля, Н (не учитываем).

Силу тяги на разных передачах рассчитывают по формуле:

$$F_{mi} = \frac{U_{ki} \cdot U_0 \cdot M_e \cdot \eta_{mp}}{r_k}, \quad (3.11)$$

Сила аэродинамического сопротивления воздуха:

$$F_B = k \cdot F \cdot V_a^2, \quad (3.12)$$

Сила дорожного сопротивления автомобиля (без учета сопротивления подъему):

$$F_d = G_a \cdot f, \quad (3.13)$$

$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{2000}\right)$  – зависимость коэффициента трения качения от скорости движения автомобиля.

Пользуемся выбранными при расчете ВСХ значениями  $\omega_e$ , приводя в соответствие с ними скорости автомобиля на разных передачах.

Результаты расчетов занесем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

$\omega_e$	314,16	366,5 2	418,88	523,60	575,96	628,32	680,68	733,04	837,76	
$M_e$	45,80	46,31	47,30	57,24	62,31	60,76	61,82	59,56	52,22	
1 передача	$V$	9,70	11,32	12,93	16,17	17,78	19,40	21,02	22,64	25,87
	$F_T$	1260,8	1274, 7	1301,9	1575,6	1715,3	1672,7	1701,8	1639,5	1437,5
	$f$	0,020	0,021	0,022	0,023	0,023	0,024	0,024	0,025	0,027
	$F_B$	6,5	8,84	11,55	18,04	21,83	25,98	30,5	35,37	46,19
	$F_D$	61,63	62,63	63,78	66,55	68,17	69,94	71,86	73,94	78,55
2 передача	$V$	13,86	16,17	18,48	23,10	25,41	27,72	30,03	32,34	36,96
	$F_T$	882,58	892,2 7	911,34	1102,9 4	1200,7 0	1170,8 6	1191,2 5	1147,6 8	1006,2 5
	$f$	0,022	0,023	0,023	0,025	0,026	0,028	0,029	0,030	0,034
	$F_B$	13,26	18,04	23,57	36,83	44,56	53,03	62,23	72,18	94,27
	$F_D$	64,51	66,55	68,91	74,56	77,86	81,47	85,39	89,63	99,05
3 передача	$V$	18,23	21,27	24,31	30,39	33,43	36,47	39,51	42,55	48,63
	$F_T$	670,72	678,1 3	693,62	838,23	912,53	889,86	905,35	872,24	764,75
	$f$	0,023	0,025	0,026	0,029	0,031	0,033	0,036	0,038	0,044
	$F_B$	22,95	31,24	40,80	63,76	77,14	91,81	107,75	124,96	163,21
	$F_D$	68,64	72,18	76,26	86,04	91,75	98,00	104,80	112,14	128,45
4 передача	$V$	22,15	25,84	29,53	36,91	40,60	44,30	47,99	51,68	59,06
	$F_T$	552,21	558,3	570,24	690,12	751,30	732,63	745,38	718,12	629,63
	$f$	0,025	0,027	0,029	0,034	0,036	0,040	0,043	0,047	0,055
	$F_B$	33,86	46,09	60,20	94,06	113,81	135,44	158,96	184,35	240,79
	$F_D$	73,30	78,51	84,52	98,96	107,38	116,61	126,63	137,46	161,52
5 передача	$V$	25,37	29,60	33,82	42,28	46,51	50,74	54,96	59,19	67,65
	$F_T$	482,11	487,4 3	497,85	602,52	655,93	639,63	650,76	629,96	549,70
	$f$	0,026	0,029	0,031	0,038	0,041	0,046	0,050	0,055	0,066
	$F_B$	44,42	60,46	78,97	123,40	149,31	177,69	208,54	241,86	315,90
	$F_D$	77,80	84,64	92,53	111,47	122,52	134,62	147,77	161,98	193,54
6 передача	$V$	27,91	32,56	37,21	46,51	51,16	55,82	60,47	65,12	74,42
	$F_T$	438,24	443,0 8	452,55	547,69	596,23	581,42	591,54	569,91	499,68
	$f$	0,028	0,031	0,034	0,042	0,046	0,051	0,057	0,062	0,075
	$F_B$	53,76	73,18	95,58	149,34	180,70	215,05	252,39	292,71	382,32
	$F_D$	81,78	90,06	99,61	122,53	135,90	150,55	166,46	183,66	221,86

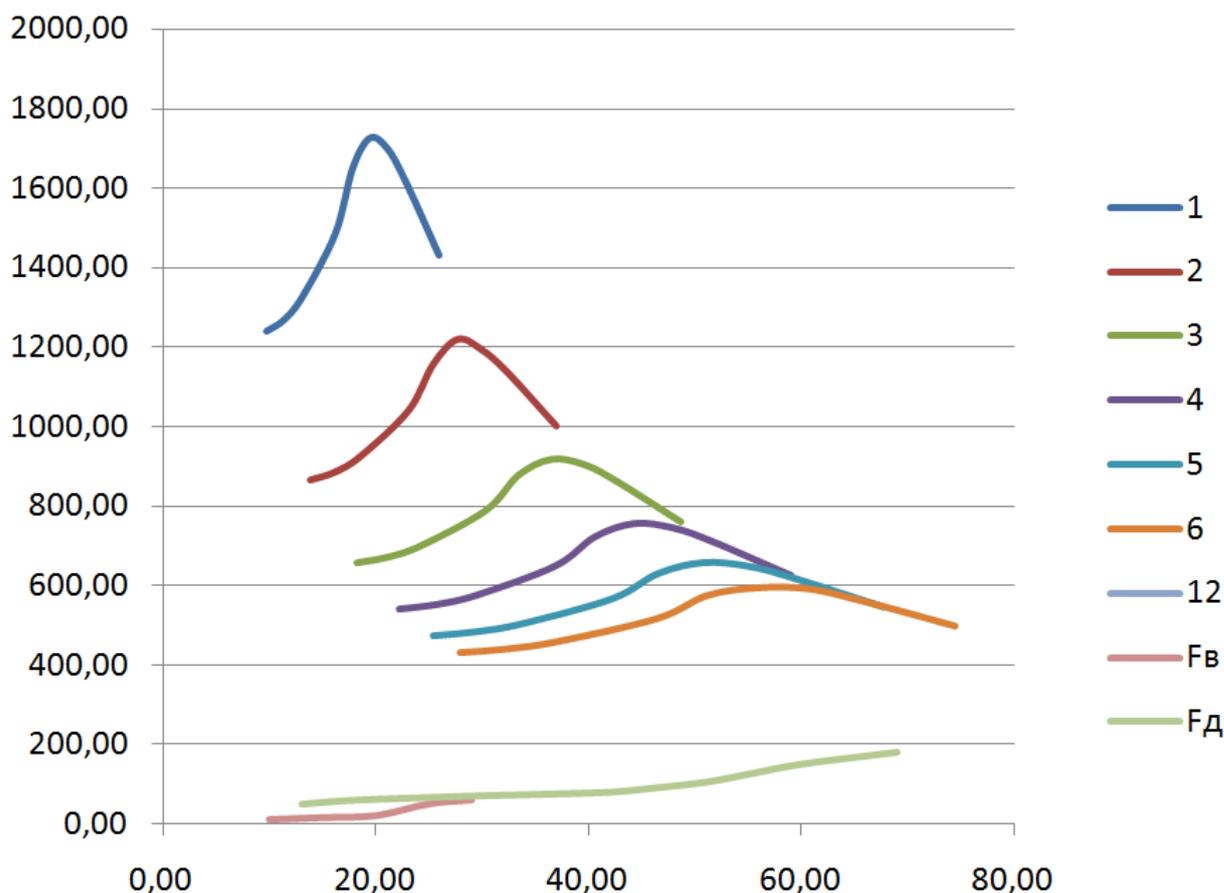


Рисунок 3.2 – Тяговый баланс автомобиля

### 3.1.5 Динамическая характеристика автомобиля

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_a}, \quad (3.14)$$

Динамическая характеристика строится согласно данным формулы и силового баланса. Графически изображает зависимость фактора динамики  $D$  от скорости движения в различных режимах в коробке передач, а так же полной загрузке машины. [14]

Чтобы учесть влияние буксования ведущих колес, определяем динамический фактор по сцеплению:

$$D_{\text{сц}} \approx \frac{G_{\text{сц}} \cdot \varphi}{G_a} = \frac{1471,5 \cdot 0,8}{2943} = 0,4.$$

Данные расчета заносим в таблицу 3.3 и представляем графически.

Таблица 3.3 - Данные расчета динамической характеристики

$\omega_e$ , рад/с	Динамический фактор D					
	1	2	3	4	5	6
314,16	0,393	0,273	0,203	0,163	0,137	0,121
366,52	0,397	0,274	0,203	0,161	0,134	0,116
418,88	0,405	0,278	0,204	0,160	0,131	0,112
523,60	0,489	0,334	0,243	0,187	0,150	0,125
575,96	0,531	0,363	0,262	0,200	0,159	0,130
628,32	0,516	0,351	0,250	0,187	0,145	0,115
680,68	0,524	0,354	0,250	0,184	0,139	0,106
733,04	0,503	0,337	0,234	0,167	0,121	0,087
837,76	0,436	0,286	0,189	0,122	0,073	0,037

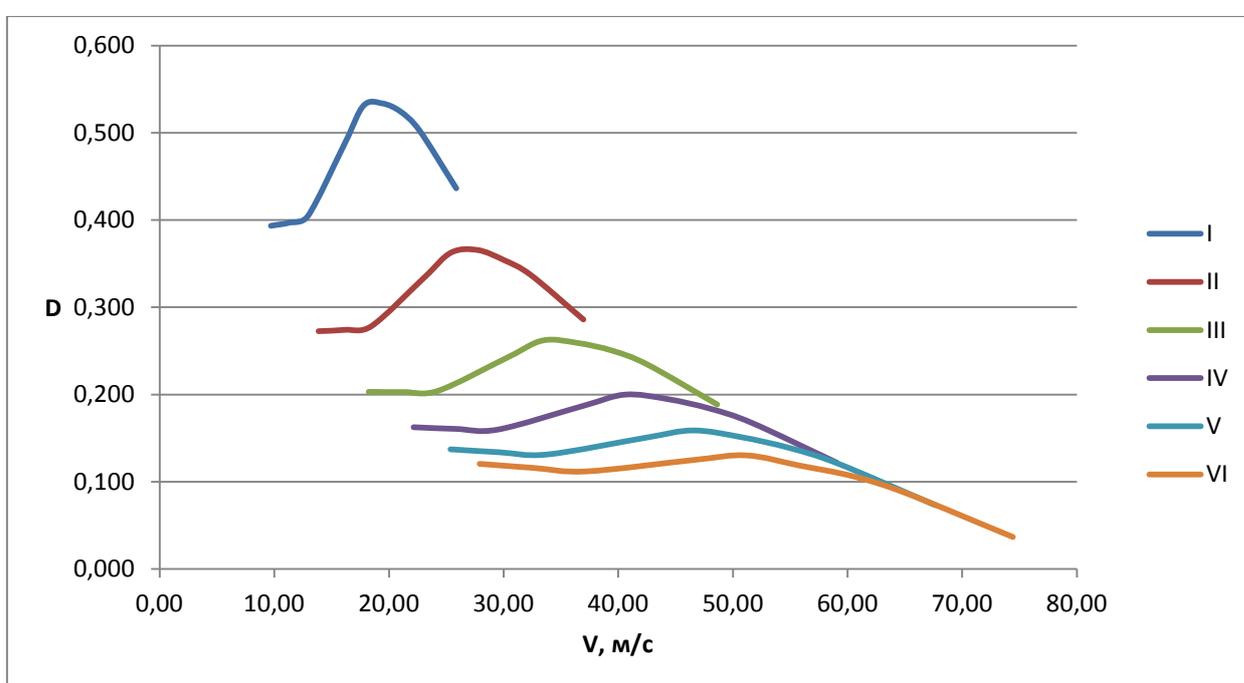


Рисунок 3.3 – Динамическая характеристика автомобиля

### 3.1.6 Разгон автомобиля

Ускорение, которое происходит в момент разгона автомобиля [15], определяется и рассчитывается для частного случая – движение машины строго по горизонтальной поверхности, которая имеет твердое покрытие хорошего качества, на максимально допустимой мощности двигателя автомобиля.

Данное ускорение описывается формулой:

$$j = \frac{D-f \cdot g}{\delta_{вр}}, \quad (15)$$

$\delta_{вр} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_k^2)$  – коэффициент учета вращающихся масс двигателя, который определяем для каждой передачи в отдельности по формулам:

$$\delta_{вр1} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_1^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 2,5^2 = 1,3625$$

$$\delta_{вр2} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_2^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 1,75^2 = 1,2031$$

$$\delta_{вр3} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 1,33^2 = 1,1384$$

$$\delta_{вр4} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 1,095^2 = 1,1099$$

$$\delta_{вр5} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 0,956^2 = 1,0957$$

$$\delta_{вр6} = 1 + \delta_1 + \delta_2 \cdot U_3^2 = 1 + 0,05 + 0,05 \cdot 0,869^2 = 1,0877$$

Определяем ускорение разгона, вносим результаты в таблицу 3.4 и строим график зависимости  $j = f(V)$

Таблица 3.4 – Значения ускорение разгона

$\omega_e$ , рад/с	Ускорение $j$ , м/с <sup>2</sup>					
	1	2	3	4	5	6
314,16	2,648	1,729	1,201	0,892	0,700	0,573
366,52	2,675	1,741	1,199	0,878	0,674	0,538
418,88	2,734	1,774	1,211	0,873	0,655	0,507
523,60	3,371	2,199	1,503	1,078	0,799	0,606
575,96	3,695	2,414	1,649	1,177	0,864	0,647
628,32	3,584	2,322	1,560	1,080	0,753	0,530
680,68	3,642	2,349	1,558	1,055	0,711	0,465
733,04	3,482	2,221	1,438	0,929	0,575	0,317
837,76	2,975	1,831	1,091	0,583	0,214	0,064

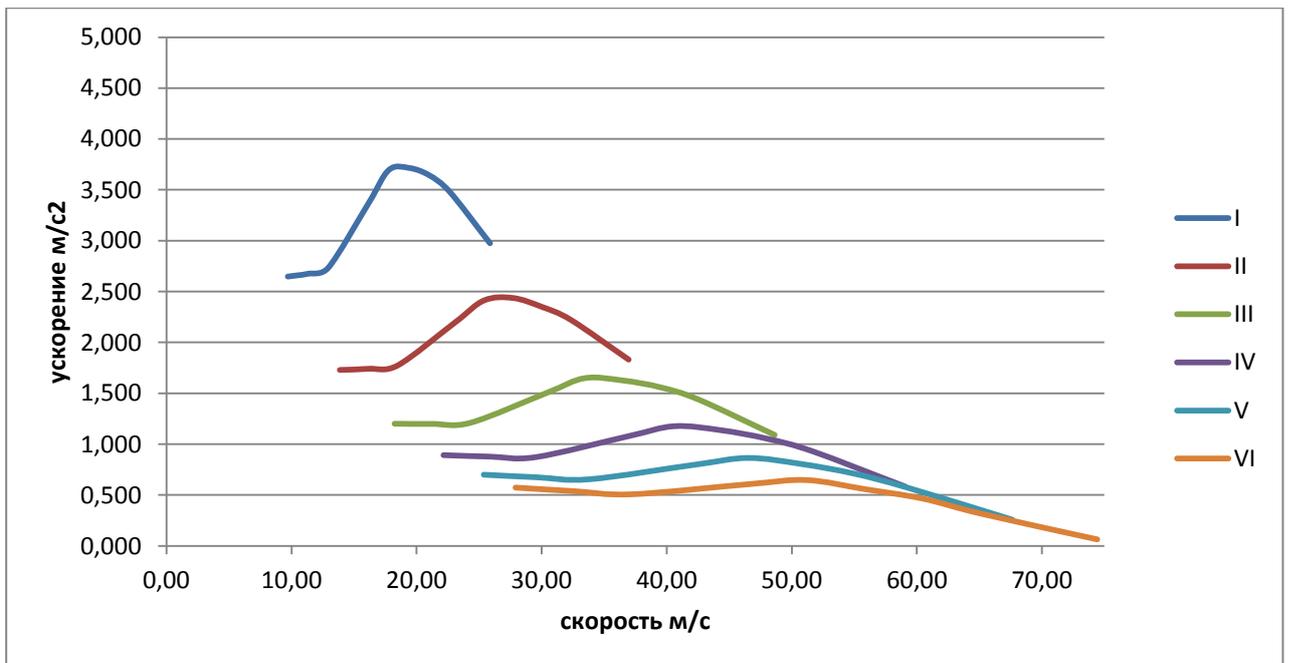


Рисунок 3.4 – Ускорения автомобиля

Затем определяем значения обратных ускорений ( $1/j$ ) и заносим их в таблицу 3.5. Поскольку при скоростях  $V$ , близких к максимальной, ускорение стремится к нулю, то для расчета обратных ускорений ограничиваются скоростью  $V = (0,8 \dots 0,9) V_{\max}$ .

Таблица 3.5 – Значения обратных ускорений.

$\omega_e$ , рад/с	Величина, обратная ускорению $1/j$ , с <sup>2</sup> /м					
	1	2	3	4	5	6
314,16	0,378	0,578	0,833	1,121	1,429	1,745
366,52	0,374	0,574	0,834	1,139	1,483	1,858
418,88	0,366	0,564	0,826	1,146	1,526	1,971
523,60	0,297	0,455	0,665	0,928	1,252	1,650
575,96	0,271	0,414	0,607	0,850	1,157	1,545
628,32	0,279	0,431	0,641	0,926	1,320	1,887
680,68	0,275	0,426	0,642	0,948	1,407	2,151
733,04	0,287	0,450	0,695	1,076	1,740	3,153
837,76	0,336	0,546	0,917	1,714	3,891	5,616

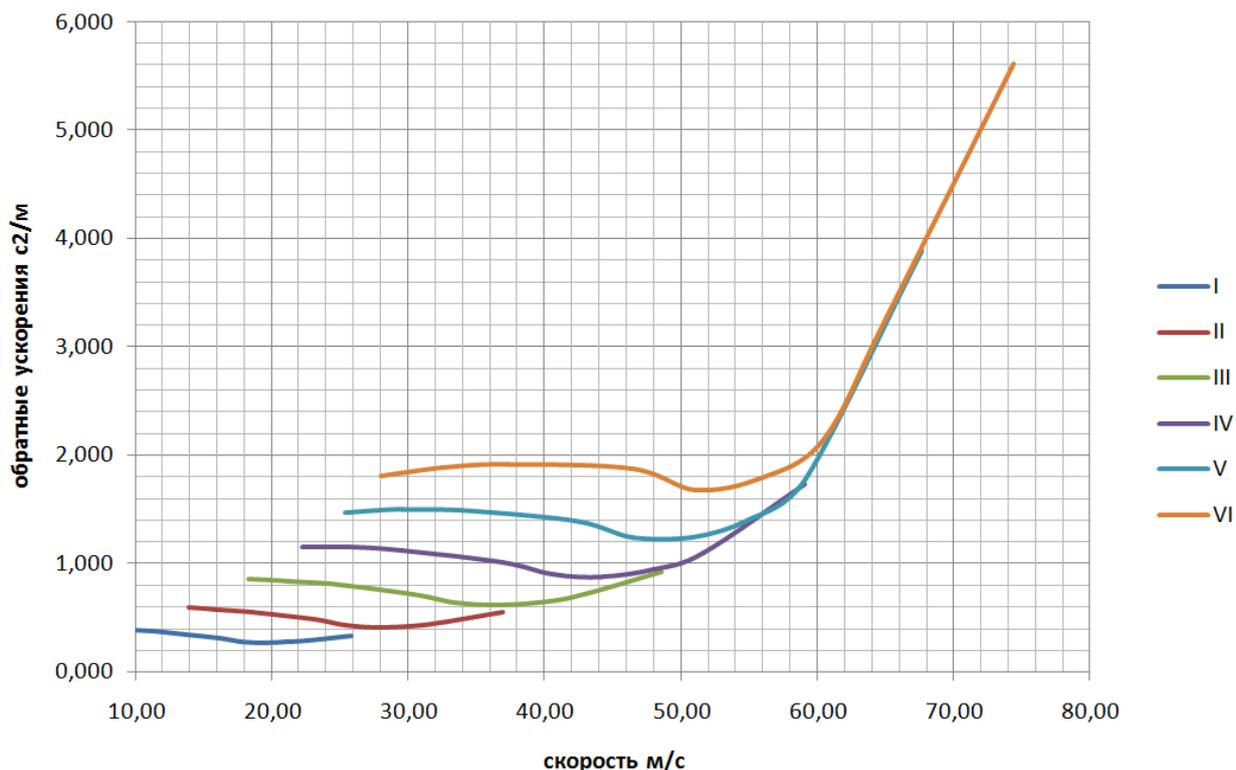


Рисунок 3.5 - Обратные ускорения автомобиля

### 3.1.7 Время и путь разгона

Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин:

$$\Delta t = \frac{V_{i+1}}{V_i} \frac{1}{j} dV \approx \frac{1}{j_{CP \ i+1}} \cdot V_{i+1} - V_i , \quad (3.16)$$

Кривая обратных ускорений разбивается на интервалы. По ним считают, как автомобиль разгоняется с постоянным ускорением  $j = const$ , которое соответствует значению  $(1/j) = const$ . Эти величины можно определить следующим образом:

$$\frac{1}{j_{CP \ k}} = \frac{1 \cdot j_{k-1} + 1 \cdot j_k}{2} , \quad (3.17)$$

$k$  – порядковый номер интервала.

Осуществив замену значению площади, находящейся под кривой  $(1/j)$  в интервале  $\Delta V_k$  на величину площади прямоугольника, стороны которого  $\Delta V_k$  и  $\frac{1}{j_{CP k}}$ , переходим к приближенному интегрированию:

$$\Delta t = \frac{1}{j_{CP k}} \cdot V_k - V_{k-1} , \quad (3.18)$$

$$t_1 = \Delta t_1, t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k.$$

$t_1$  – время разгона от скорости  $V_0$  до скорости  $V_1$ ;

$t_2$  – время разгона до скорости  $V_2$ .

Результаты расчета сводим в таблицу 3.6

Таблица 3.6 – Значения скорости и времени

$V_a, \text{м/с}$	$t, \text{с}$
9,70	4,274
21,02	6,747
30,03	10,784
39,51	16,224
47,99	22,839
54,96	37,124
65,12	45,100
67,65	76,791

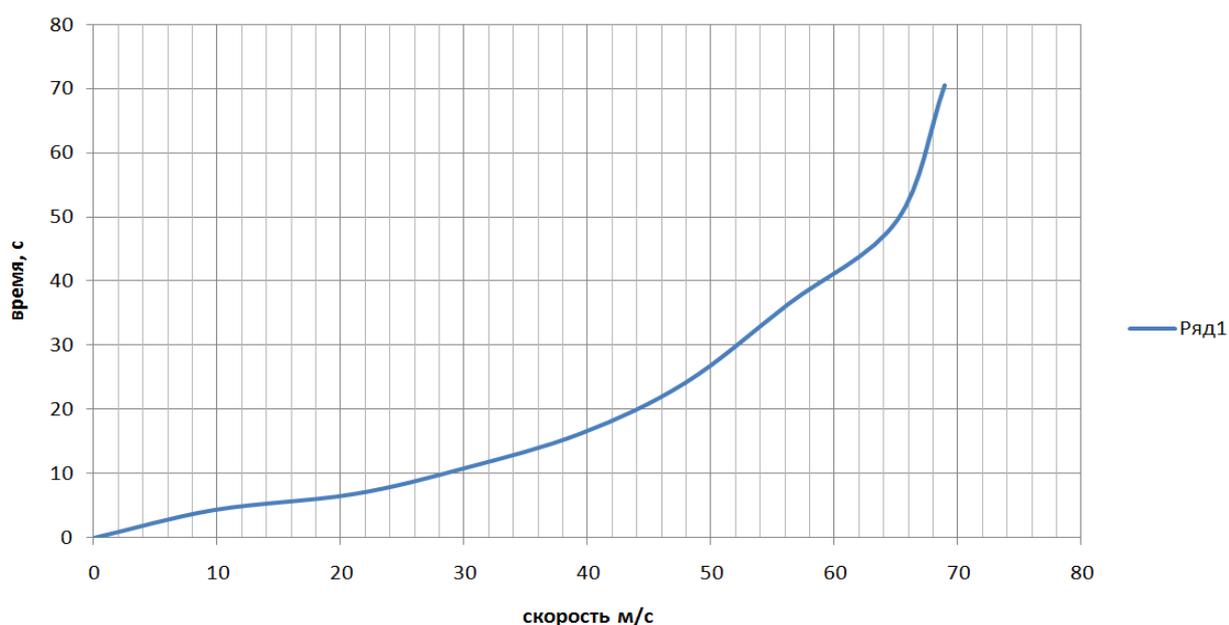


Рисунок 6 - Время разгона автомобиля

Этот же способ используется при графическом интегрировании зависимости  $t=f(V)$  для получения значения пути разгона  $S$  [16].

В данном случае кривая  $t=f(V)$  разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находятся соответствующие значения  $V_{\text{срк}}$ .

Элементарный прямоугольник площадью с интервалом  $\Delta t_k$  есть путь, проходимый автомобилем от отметки  $t_{k-1}$  до отметки  $t_k$ , имея с постоянную скорость  $V_{\text{срк}}$ .

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом:

$$\Delta S = V_{\text{срк}} \cdot t_k - t_{k-1} = V_{\text{срк}} \cdot \Delta t_k, \quad (3.19)$$

$k=1 \dots m$  – порядковый номер интервала,  $m$  выбирается произвольно ( $m=n$ ).

Путь разгона от скорости  $V_0$  до скорости  $V_1$ :  $S_1=\Delta S_1$ , до скорости  $V_2$ :  $S_2=\Delta S_1+\Delta S_2$ , до скорости  $V_n$ :  $S_n = \sum_{k=1}^n \Delta S_k$ .

Все результаты расчета заносим в таблицу 3.7

Таблица 3.7 – Значения пути разгона и скорости

$V_a, \text{ м/с}$	$S, \text{ м}$
9,70	20,73
21,02	120,10
30,03	367,86
39,51	821,80
47,99	1536,26
54,96	2871,13
65,12	4558,95
67,65	7723,40

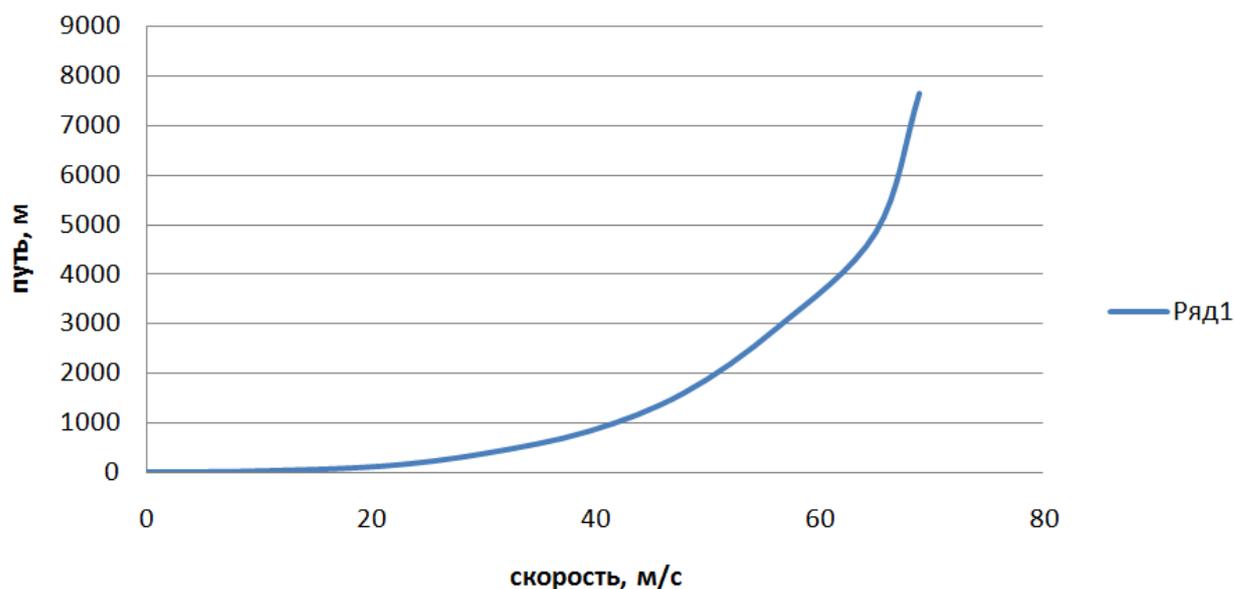


Рисунок 3.7 – Путь разгона автомобиля

### 3.1.8 Мощностной баланс автомобиля

Уравнение мощностного баланса:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_n + N_B + N_D, \quad (3.20)$$

$N_T$  – тяговая мощность, подводимая к ведущим колесам, Вт;

$$N_T = N_e \cdot \eta_{тр} = N_e \cdot 0,91 ,$$

$N_{тр}$  – мощность, теряемая в агрегатах трансмиссии, Вт;

$N_f = F_f \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления качению колес, Вт;

$N_T = F_T \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления подъему ( $N_T=0$ ), Вт;

$N_B = F_B \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление сил сопротивления воздуха, Вт;

$N_D = F_{и} \cdot V$  – мощность, затраченная на преодоление силы инерции автомобиля ( $N_B = 0$ ), Вт.

Для выбранных ранее интервалов по угловой скорости коленвала двигателя и скорости автомобиля рассчитываем значения мощностного баланса, заполняем таблицу 3.8 и строим графики.

Вверх от кривой  $N_f$  откладываем значения мощности сопротивления воздуха  $N_B$ .

Таблица 3.8 – Рассчитанные значения мощностного баланса

n <sub>е</sub> , рад/с		3000	3500	4000	5000	5500	6000	6500	7000	8000
Вт		14,247	16,78	19,53	29,59	35,33	37,63	41,45	43,01	43,00
1 передача	V, м/с	9,7	11,32	12,93	16,17	17,78	19,4	21,02	22,64	25,87
	N <sub>т</sub> , кВт	12,230	14,430	16,834	25,477	30,498	32,450	35,772	37,118	37,196
	N <sub>в</sub> , кВт	0,063	0,095	0,149	0,292	0,388	0,504	0,641	0,801	1,195
	N <sub>д</sub> , кВт	0,598	0,709	0,825	1,076	1,212	1,357	1,507	1,674	2,032
2 передача	V, м/с	13,86	16,17	18,48	23,10	25,41	27,72	30,03	32,34	36,96
	N <sub>т</sub> , кВт	12,233	14,428	16,842	25,478	30,510	32,456	35,773	37,116	37,191
	N <sub>в</sub> , кВт	0,184	0,292	0,436	0,851	1,132	1,470	1,869	2,334	3,484
	N <sub>д</sub> , кВт	0,894	1,076	1,273	1,722	1,978	2,258	2,564	2,899	3,661
3 передача	V, м/с	18,23	21,27	24,31	30,39	33,43	36,47	39,51	42,55	48,63
	N <sub>т</sub> , кВт	12,227	14,424	16,862	25,474	30,506	32,453	35,770	37,114	37,190
	N <sub>в</sub> , кВт	0,418	0,664	0,992	1,938	2,579	3,348	4,257	5,317	7,937
	N <sub>д</sub> , кВт	1,251	1,535	1,854	2,615	3,067	3,574	4,141	4,772	6,247
4 передача	V, м/с	22,15	25,84	29,53	36,91	40,60	44,30	47,99	51,68	59,06
	N <sub>т</sub> , кВт	12,231	14,427	16,839	25,472	30,503	32,456	35,771	37,112	37,186
	N <sub>в</sub> , кВт	0,750	1,191	1,778	3,472	4,621	6,000	7,628	9,527	14,221
	N <sub>д</sub> , кВт	1,624	2,029	2,496	3,653	4,360	5,166	6,077	7,104	9,539

Продолжение таблицы 3.1

5 передача	$V, \text{ м/с}$	25,37	29,60	33,82	42,28	46,51	50,74	54,96	59,19	67,65
	$N_T, \text{ кВт}$	12,231	14,428	16,837	25,475	30,507	32,455	35,766	37,287	37,187
	$N_B, \text{ кВт}$	1,127	1,790	2,671	5,217	6,944	9,016	11,461	14,316	21,371
	$N_D, \text{ кВт}$	1,974	2,505	3,129	4,713	5,698	6,831	8,121	9,588	13,09
6 передача	$V, \text{ м/с}$	27,91	32,56	37,21	46,51	51,16	55,82	60,47	65,12	74,42
	$N_T, \text{ кВт}$	12,231	14,427	16,839	25,473	30,503	32,455	35,770	37,113	37,186
	$N_B, \text{ кВт}$	1,500	2,383	3,557	6,946	9,245	12,004	15,262	19,061	28,452
	$N_D, \text{ кВт}$	2,282	2,932	3,706	5,699	6,953	8,404	10,066	11,960	16,511

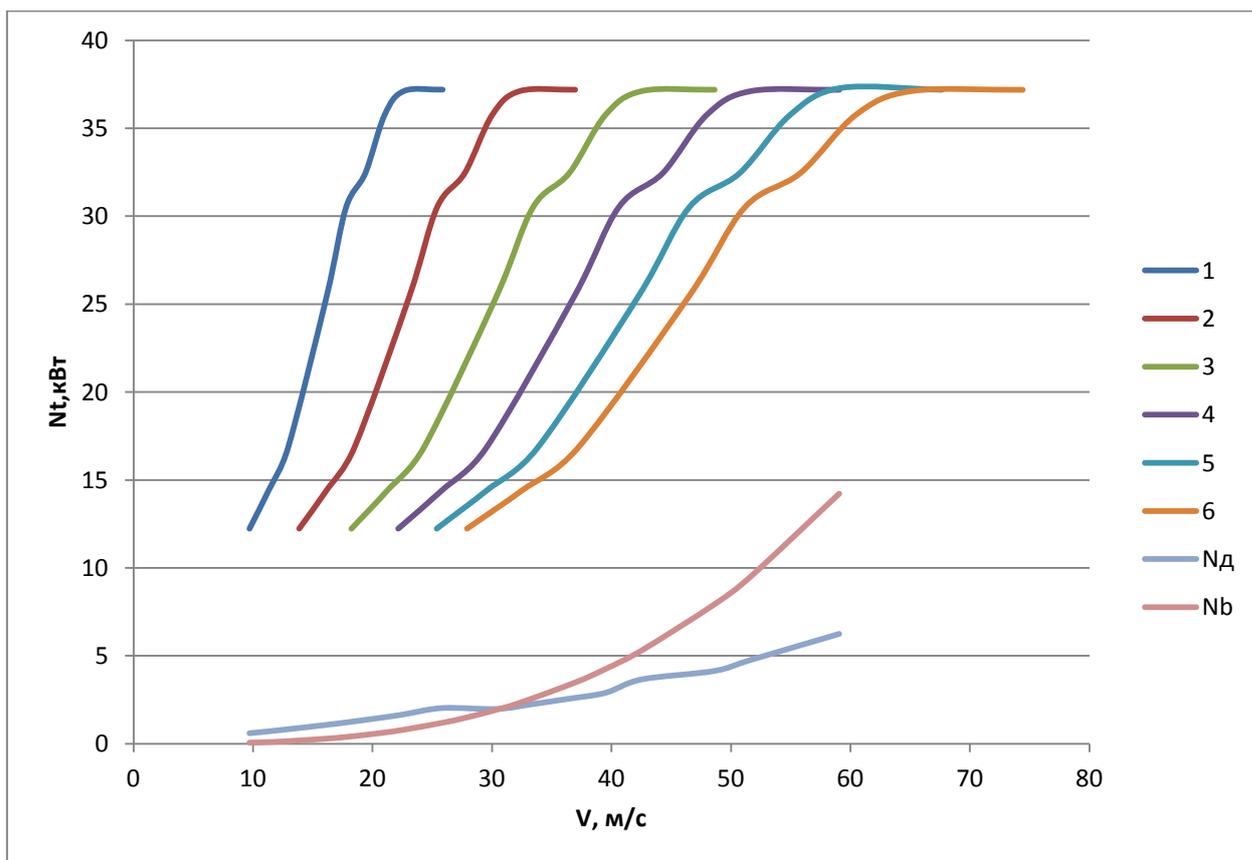


Рисунок 3.8 – Мощностной баланс

### 3.1.9 Расчет топливно-экономической характеристики автомобиля

Получение топливно-экономической характеристики способствует расходу топлива при передвижении машины на высшей передаче [17].

Топливо расходуется согласно формулы:

$$Q_s = \frac{1,1 \cdot g_{emin} \cdot K_I \cdot K_E \cdot N_d + N_b}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}}, \quad (3.21)$$

$g_{emin} = 240$  г/(кВт · ч) – минимальный удельный эффективный расход топлива;

$\rho_T = 0,72$  кг/л – плотность топлива;

$K_I = 1,152 \cdot I^2 - 1,728 \cdot I + 1,523$  – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности

$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227$  – коэффициент, учитывающий изменения величины удельного эффективного расхода топлива в зависимости от  $\omega_e$ .

$$E = \frac{\omega_e}{\omega_{eN}}, \quad (3.22)$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.9

Таблица 3.9 – Результаты расчета топливно-экономической характеристики автомобиля

$\omega_e$ , рад/с	$V_a$ , м/с	$Q_s$ , л/100 км
314,16	27,91	0,53
366,52	32,56	0,81
418,88	37,21	1,17
523,60	46,51	2,38
575,96	51,16	3,28
628,32	55,82	4,31
680,68	60,47	5,72
733,04	65,12	7,54
837,76	74,42	15,98

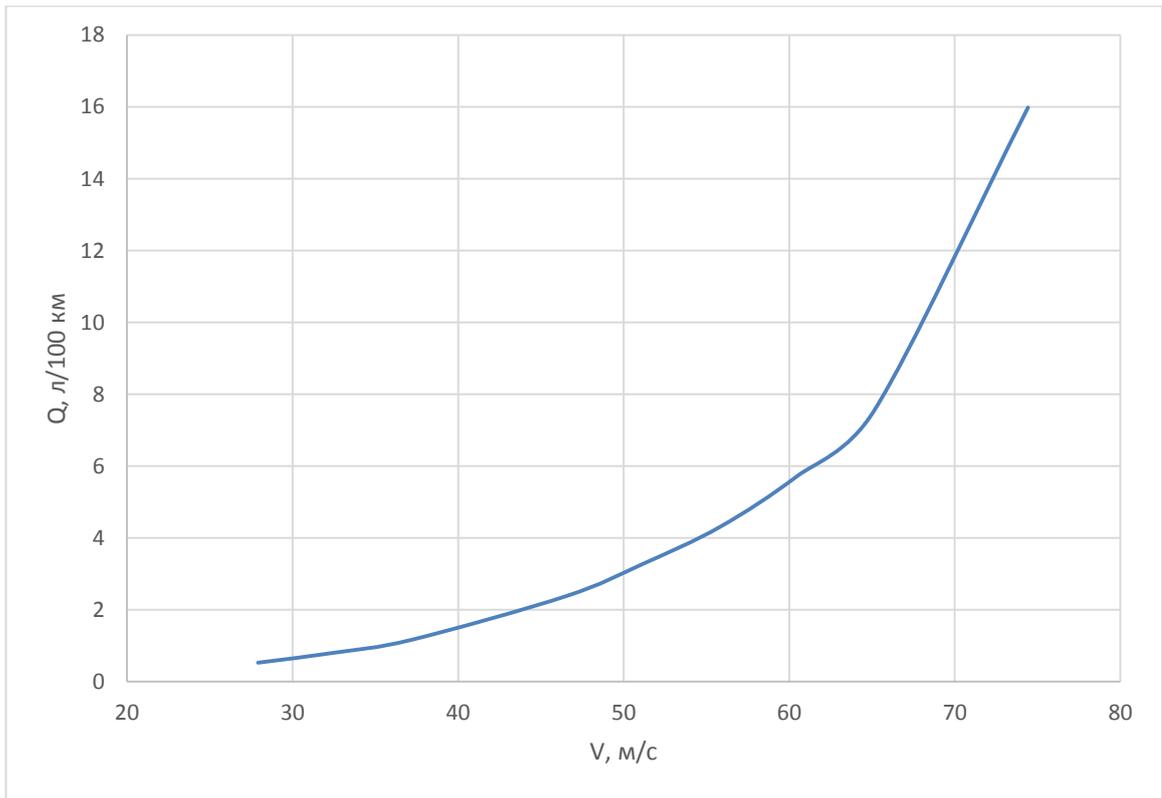


Рисунок 3.9 – Путь расход топлива

## 4 Исследовательская часть

### 4.1 Общие требования

Требования к современным автомобилям и тяжелым транспортным средствам вызывают множество проблем при проектировании транспортных средств. Помимо фундаментальных задач, как правильная идентификация двигателя, системы трансмиссии, рулевого управления, подвески, тормозов с точки зрения безопасности, полезности и комфорта, свойства материала и структура структуры становятся все более и более важными. Также шум, вибрация и жесткость становятся важными требованиями для клиента. Следует подчеркнуть роль выносливости и долговечности при проектировании и производстве надежного автомобиля.

Одна из самых важных характеристик безопасности вашего автомобиля - та, которую вы не видите - структура или рама автомобиля. В то время как многие люди говорят о автомобильных рамах, большинство автомобилей сегодня построены на интегрированной единичной структуре. Что бы это ни называлось, и, тем не менее, оно спроектировано, структура или рама вашего автомобиля - основа, на которой строится весь автомобиль.

Если вы покупаете импортный подержанный автомобиль, вы хотите убедиться, что рама транспортного средства в хорошем состоянии, без повреждений. Даже незначительный ущерб, если он не исправлен должным образом, может серьезно ухудшить способность автомобиля защитить вас в результате несчастного случая.

Структурный или рамочный ущерб является повреждением любого компонента транспортного средства, которое является частью основной структуры транспортного средства или любого компонента, предназначенного для обеспечения структурной целостности. Примеры этих компонентов включают в себя любое место установки подвески, которое невозможно удалить, нижние рельсы рамы, любые верхние рельсовые направляющие, а в случае цельной конструкции стойки ветровое стекло и задние оконные рамы и коромысла. Компоненты, которые прикреплены

болтами, не считаются частью конструкции или рамы автомобиля. Обратите внимание, что это общее объяснение - есть исключения.

Процесс проектирования шасси и рамы, особенно в специальных транспортных средствах, является фундаментальным этапом в общем производственном процессе. Многие свойства транспортных средств строго связаны с шасси или рамой. Динамические свойства и статические или геометрические параметры транспортного средства зависят от шасси или рамы. Важным вопросом также являются вибрационные явления в специальных транспортных средствах. Что касается изоляции динамических реакций в кабинах, хорошо признанных для изоляции грузов, существует множество исследований. Эти проблемы очень важны для дизайнеров и инженеров транспортных средств, и их необходимо уделить пристальное внимание во всех процессах производства, особенно во время допущений и конструкций шасси или рамы.

Очень важным вопросом конструкции транспортного средства является выбор материала в соответствии с требованиями экспериментальных и аналитических данных и эксплуатационных свойств (то есть коррозионная стойкость). В настоящее время широкий ассортимент сплавов доступен с различными свойствами, термообработкой и производственными возможностями. Таким образом, эти материалы теперь заменили сталь и медные сплавы на многие компоненты автомобиля. Новые материалы как алюминиевые сплавы, полимеры и композиционные материалы чаще всего используются даже в качестве кузовов транспортных средств (кузова). Таким образом, первый этап определит, какую группу металлов или других материалов можно использовать в соответствии с экспериментальными и аналитическими данными. В зависимости от применения инженер-проектировщик должен учитывать материальные и механические свойства из-за сил, ожидаемых во время эксплуатации транспортного средства. Достаточно сильная сила произведет определенное количество деформации. Таким образом, дизайнеры и инженеры должны понимать и сравнивать

многие параметры материалов. Например: сила – это способность материала выдерживать силу без постоянной деформации; прочность на сжатие – это способность выдерживать толкающую силу; прочность на скручивание – это способность выдерживать скручивающую силу.

Другими важными свойствами являются: прочность на растяжение, эластичность, пластичность, твердость, прочность, стабильность размеров и долговечность.

#### 4.2 Требования технического регламента к конструкции

Главная дуга, распорки и поддержки распорок главной дуги (Рисунок 4.6).

Прикладываемые силы к вершине главной дуги: по оси  $x$  – 6.0 кН, по оси  $y$  – 5.0 кН, по оси  $z$  – -9 кН. Допускается фиксированное смещение ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) без вращения, отклонение не должно превышать 25 мм. Не допускается повреждение конструкции.

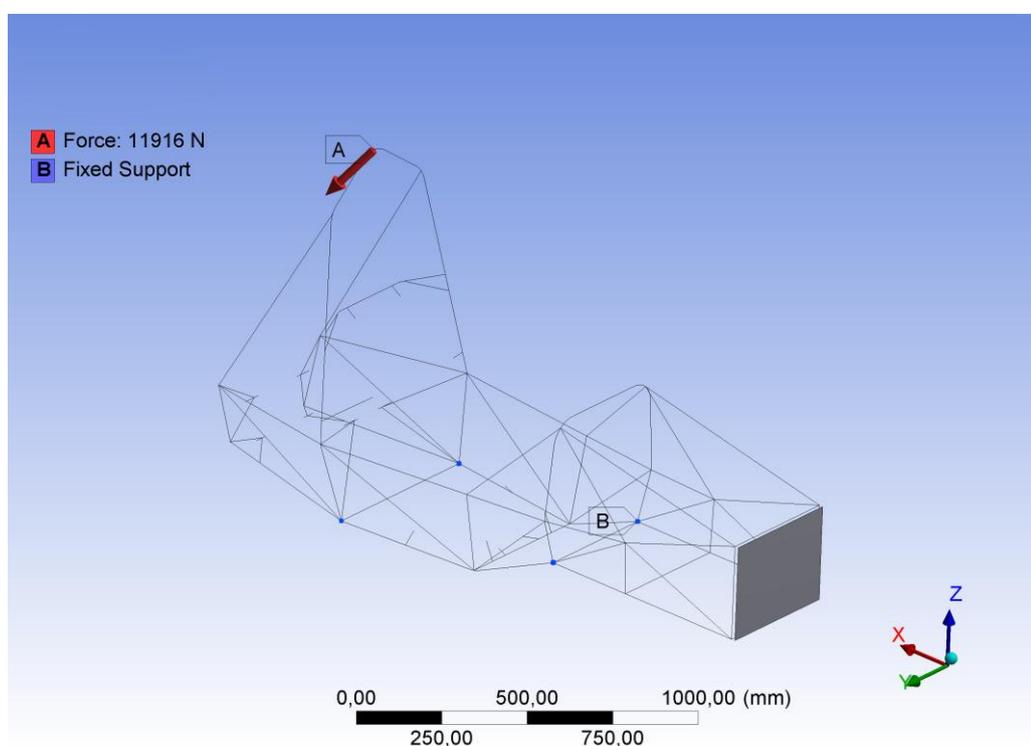


Рисунок 4.6 – Точки приложения нагрузки Главной дуги

### Передняя дуга (Рисунок 4.7)

Прикладываемые силы к вершине передней дуги: по оси  $x$  – 6.0 кН, по оси  $y$  – 5.0 кН, по оси  $z$  – -9 кН. Допускается фиксированное смещение ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) без вращения, отклонение не должно превышать 25 мм. Не допускается повреждение конструкции.

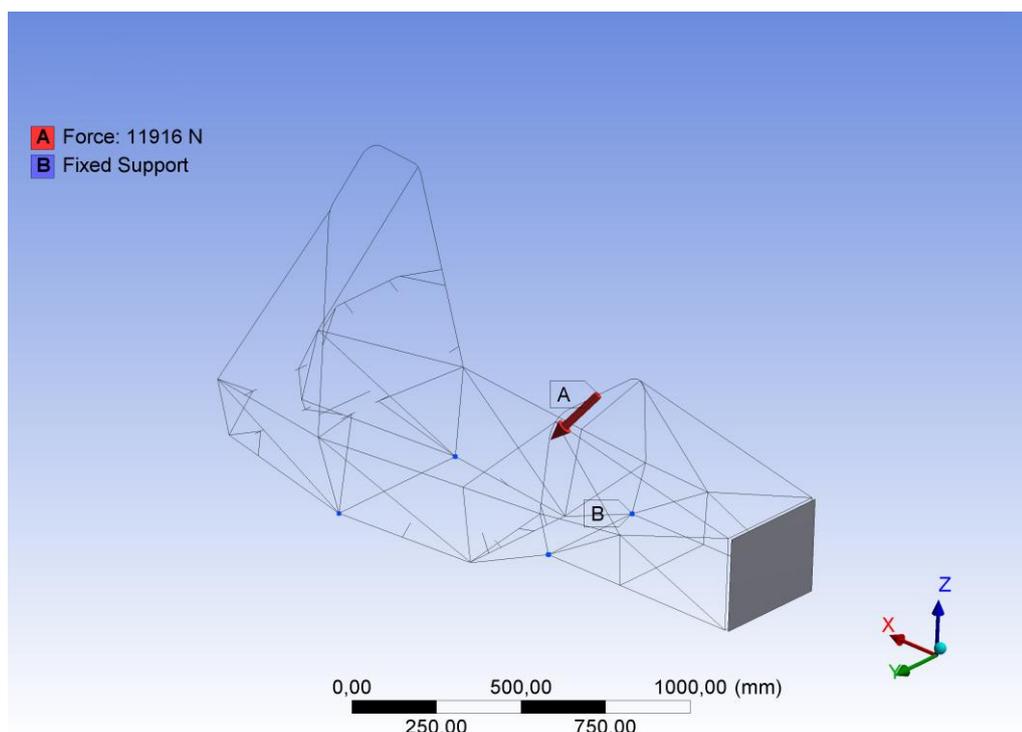


Рисунок 4.7 – Точки приложения нагрузки Передней дуги

### Боковая защитная конструкция (Рисунок 4.8).

Прикладываемые силы на все точки конструкции между передней и главной дугой: по оси  $x$  – 0.0 кН, по оси  $y$  – 7.0 кН, по оси  $z$  – 0 кН. Боковая нагрузка направлена на водителя. Допускается фиксированное смещение ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) без вращения, отклонение не должно превышать 25 мм. Не допускается повреждение конструкции.

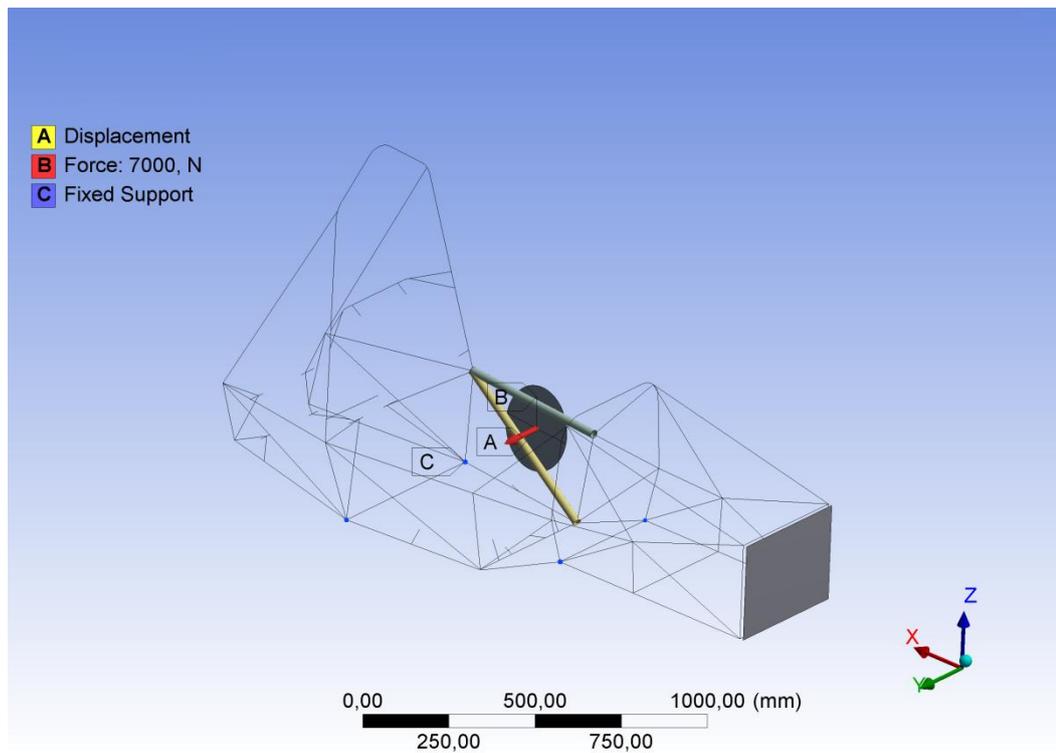


Рисунок 4.8 – Точки приложения нагрузки Боковой защиты

#### Передняя балка и опоры балки (Рисунок 4.9)

Прикладываемые силы к передней балке и деформируемому элементу: по оси  $x$  – 120 кН, по оси  $y$  – 0 кН, по оси  $z$  – 0 кН. Допускается фиксированное смещение ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) без вращения, отклонение не должно превышать 25 мм. Не допускается повреждение конструкции.

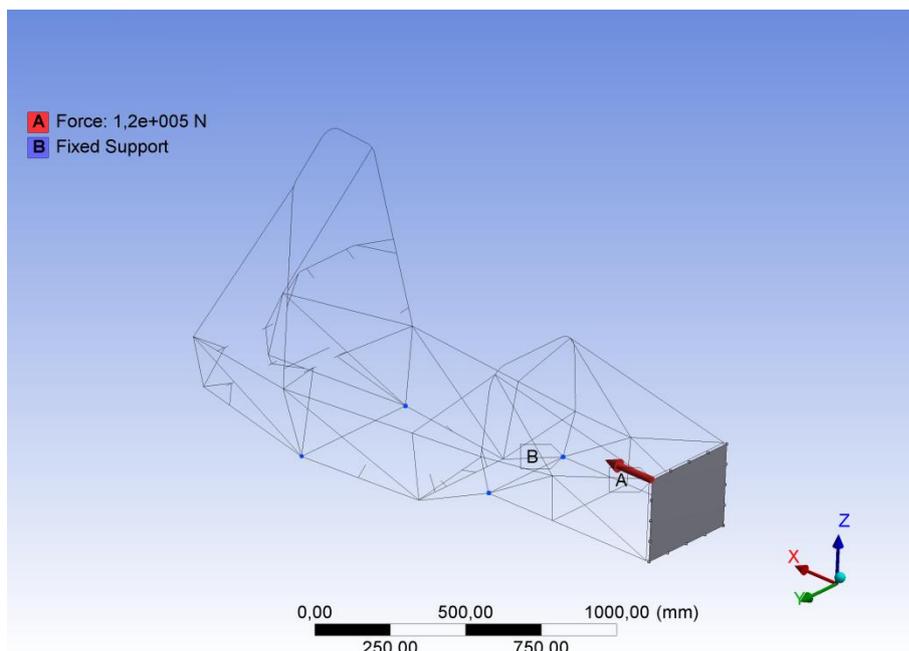


Рисунок 4.9 – Точки приложения нагрузки Передней балки и опоры

#### Крепление плечевого ремня (Рисунок 4.10)

Прикладываемая сила к обеим точкам крепления плечевого ремня в 7 кН во все места крепления ремней. Допускается фиксированное смещение (x, y, z) без вращения, отклонение не должно превышать 25 мм. Не допускается повреждение конструкции.

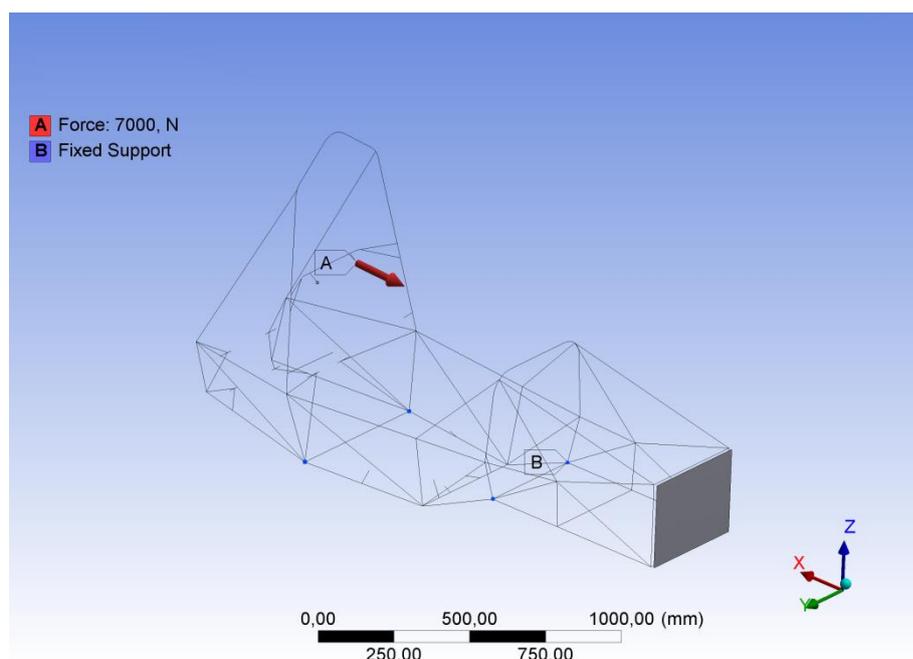


Рисунок 4.10 – Точки приложения нагрузки крепления плечевого ремня

Крепление поясного и пахового ремня к альтернативной раме (Рисунок 4.11)

Прикладываемая сила ко всем точкам крепления плечевого ремня в 13 кН и в 6,5 кН пахового ремня. Допускается фиксированное смещение (x, y, z) без вращения, отклонение не должно превышать 25 мм. Не допускается повреждение конструкции.

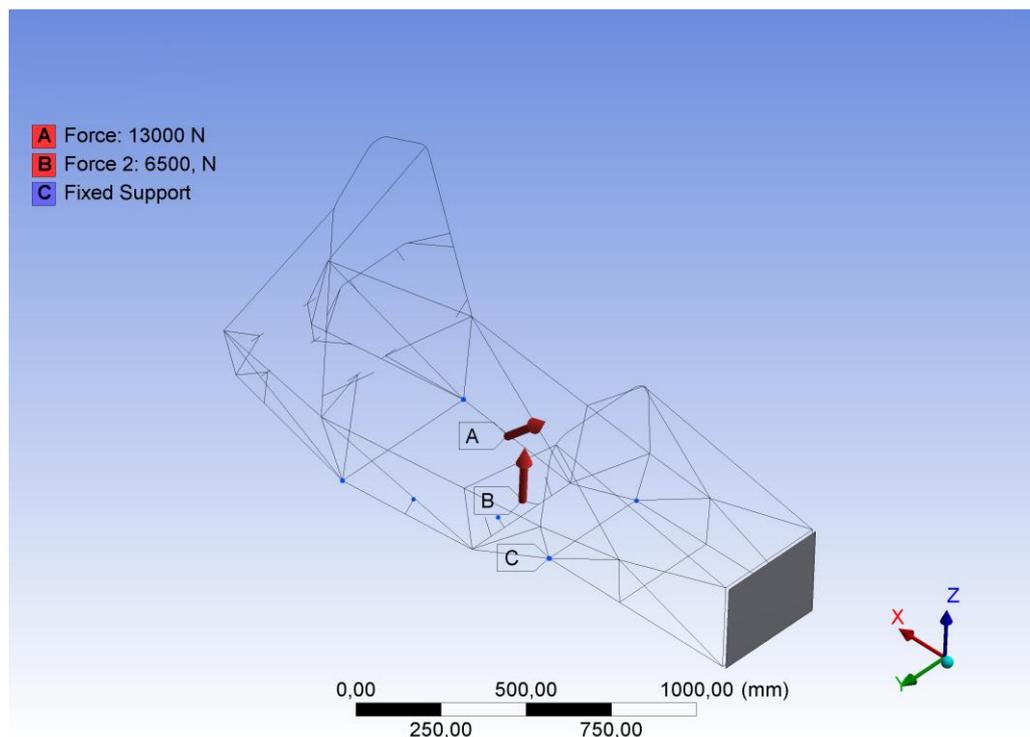


Рисунок 4.11 – Точки приложения нагрузки крепления пахового ремня

Передняя балка и опора передней балки вне оси (Рисунок 4.12)

Прикладываемые силы в центре передней балки: по оси x – 120 кН, по оси y – 10,5 кН, по оси z – 0 кН. Допускается фиксированное смещение (x, y, z) без вращения, отклонение не должно превышать 25 мм. Не допускается повреждение конструкции.

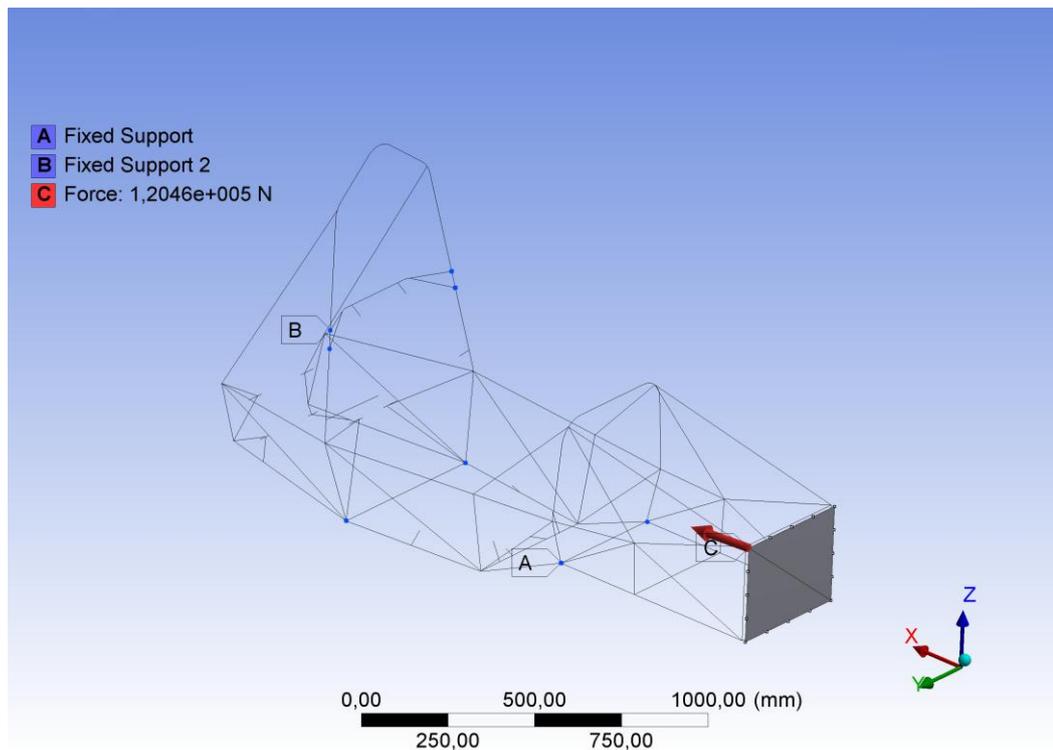


Рисунок 4.2 – Точки приложения нагрузки опоры передней балки вне оси

#### 4.3 Описание расчетной модели каркаса гоночного болида Formula Student

ANSYS является флагманским программным решением для машиностроения, которое использует анализ конечных элементов (FEA) для структурного анализа с использованием интерфейса ANSYS. Он охватывает огромный спектр приложений и поставляется со всем необходимым для подготовки геометрии до оптимизации и всех этапов.

Решения структурной механики от ANSYS обеспечивают способность моделировать каждый структурный предмет, включая нелинейный статический анализ, который обеспечивает напряжения и деформации, модальный анализ, который определяет характеристики вибрации, до современных переходных нелинейных явлений, связанных с динамическими эффектами и сложным материальным поведением.

Используя программные решения ANSYS возможно выполнять анализы для оценки характеристик прочности, вибрации и др.

При помощи расширенного комплекса анализа конечных элементов ANSYS проводится. Расчетная модель исследуемого каркаса создана в универсальном пре- и постпроцессоре ANSYS с использованием способа конечных элементов.

Конечно-элементная модель каркаса (Рисунок 4.12) конструировалась на базе трехмерной математической модели, выполненной в программе КОМПАС-3D членами студенческой команды. Предоставленная расчетная модель представляет собой оболочечные конечные составляющие на подобии CTRIA и CQUAD.

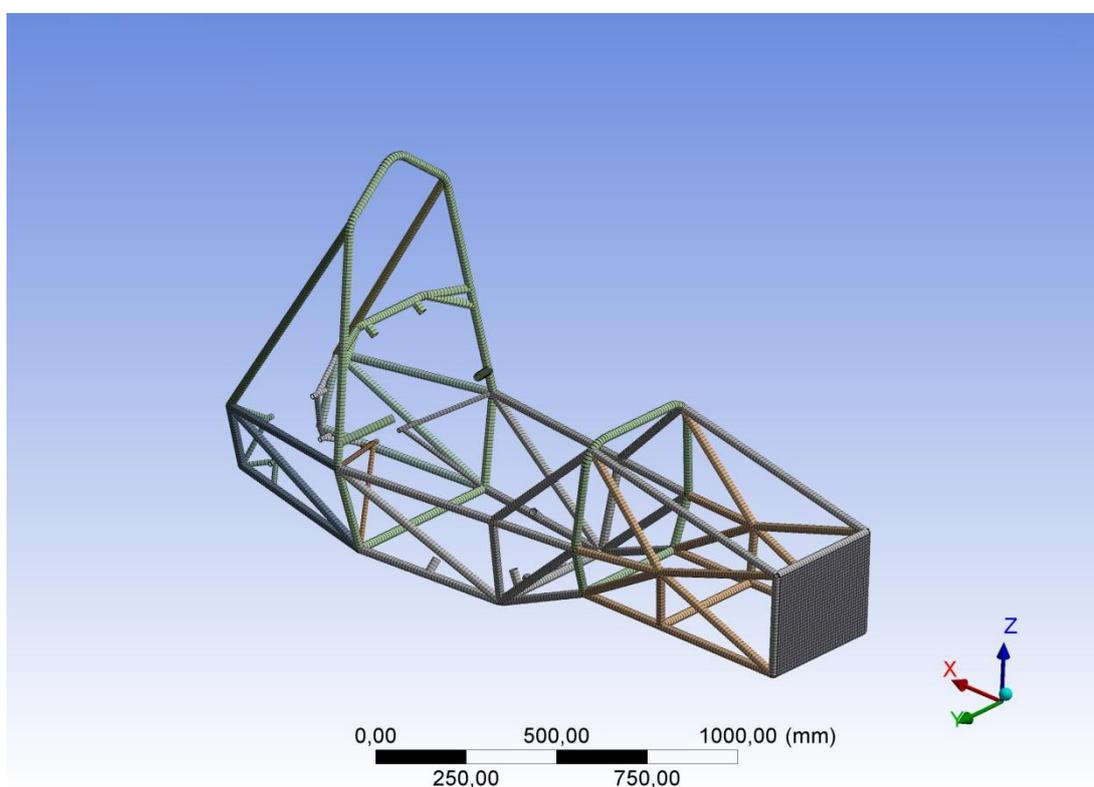


Рисунок 4.12 – Расчетная (конечно-элементная) модель каркаса

Сварные соединения моделировались безусловно строгими конечными веществами на подобии RBE2 и RBE3. Общее количество конечных элементов в расчетной модели составляет 4138 элементов, а общее количество узлов 7195.

#### 4.4 Анализ прочности основных защитных элементов

На рисунке 4.14 представлены графические итоги расчета прочности и жесткости для главной дуги, распорки и поддержки главной дуги.

По итогам расчета предельная деформация главной дуги, распорки и поддержки главной дуги каркаса составила  $22,3 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$  – условие жесткости выполнено.

Во время проведения расчетов модель каркаса была закреплена в зоне фиксации составляющих ходовой части. Наибольшие эквивалентные напряжения, образующиеся в системе, не превысили предела текучести 245 МПа.

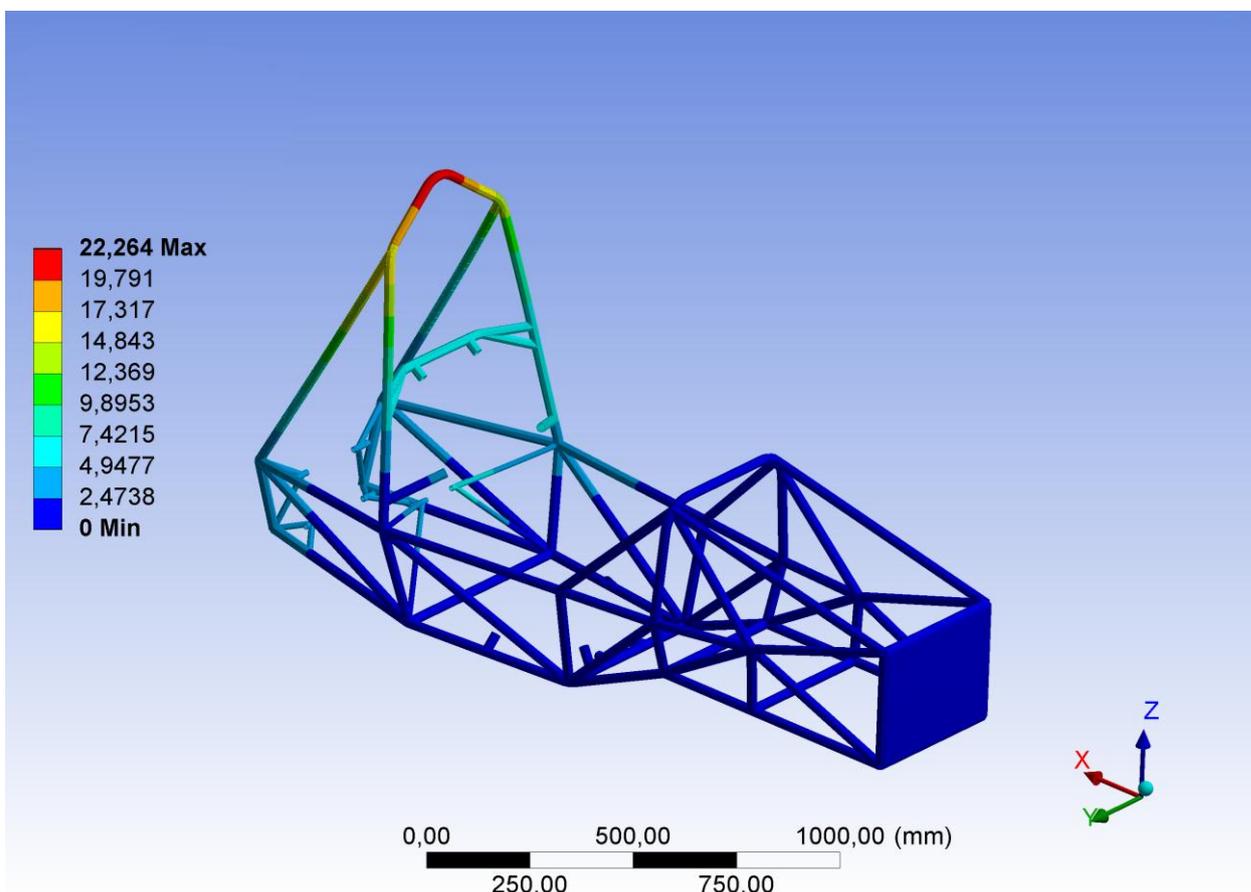


Рисунок 4.14 – Распределение деформации главной дуги, распорки и поддержки главной дуги, мм

На рисунке 4.15 представлены графические итоги расчета прочности и жесткости передней дуги.

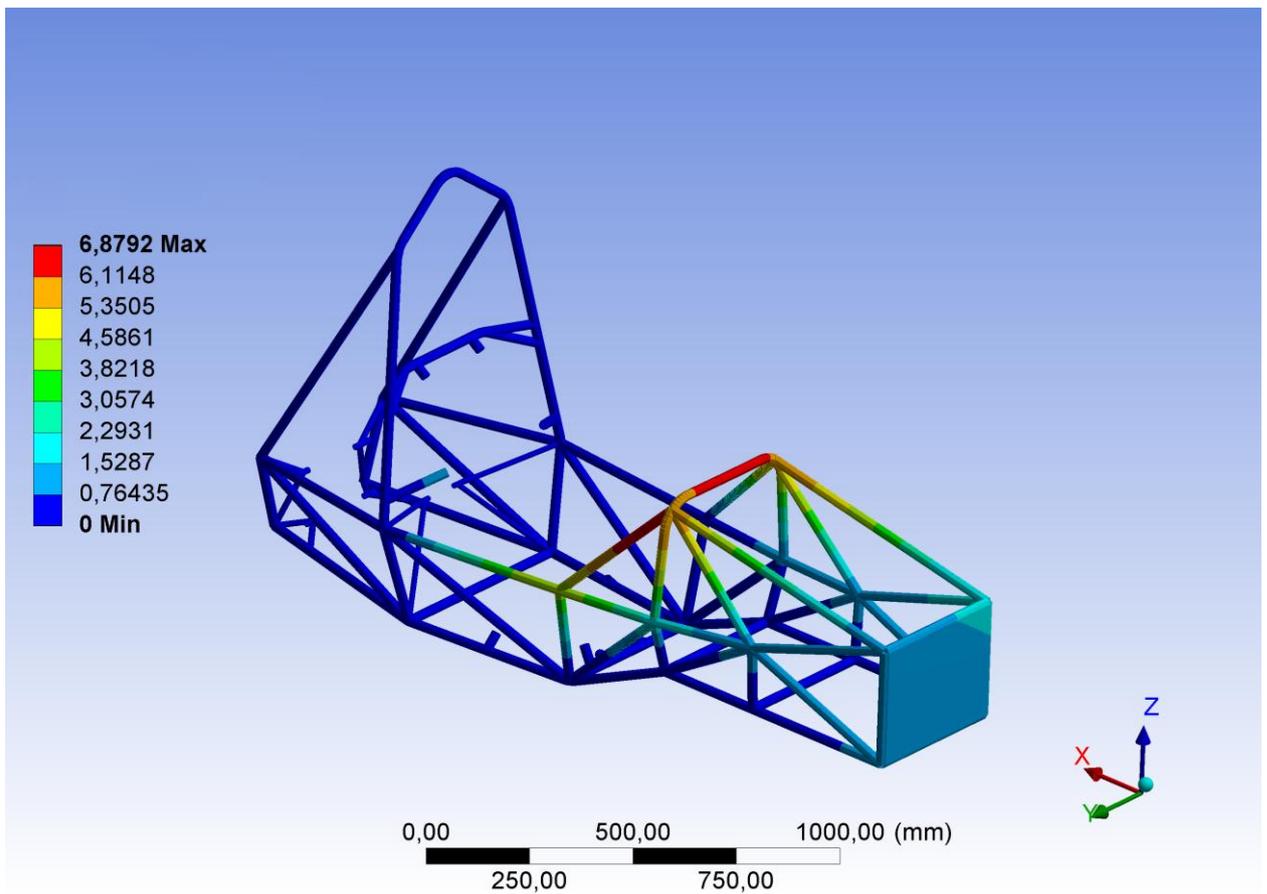


Рисунок 4.15 – Распределение деформация передней дуги, мм

По итогам расчета предельная деформация передней дуги каркаса составила  $6,9 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$  – условие жесткости выполнено.

Во время проведения расчетов модель каркаса была закреплена в зоне фиксации составляющих ходовой части. Наибольшие эквивалентные напряжения, образующиеся в системе, не превысили предела текучести 245 МПа.

На рисунке 4.16 представлены графические итоги расчета прочности и жесткости боковой защитной конструкции.

По итогам расчета предельная деформация боковой защитной конструкции составила  $4,8 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$  – условие жесткости выполнено.

Во время проведения расчетов модель каркаса была закреплена в зоне фиксации составляющих ходовой части. Наибольшие эквивалентные напряжения, образующиеся в системе, не превысили предела текучести 245 МПа.

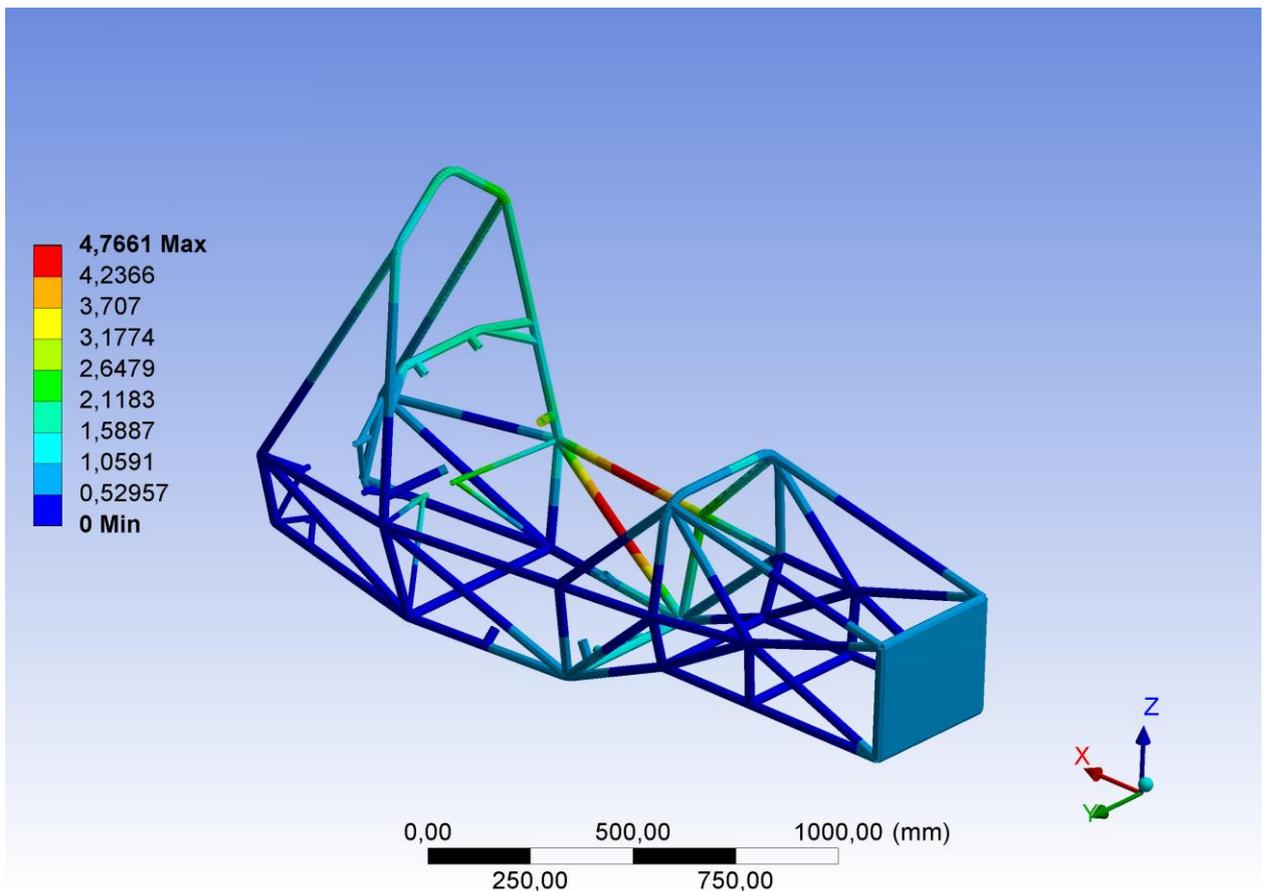


Рисунок 4.16 – Распределение деформации боковой защитной конструкции каркаса, мм

На рисунке 4.17 представлены графические итоги расчета прочности и жесткости передней балки и опоры балки.

По итогам расчета предельная деформация передней балки и опоры балки каркаса составила  $8,2 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$  – условие жесткости выполнено.

Во время проведения расчетов модель каркаса была закреплена в зоне фиксации составляющих ходовой части. Наибольшие эквивалентные напряжения, образующиеся в системе, не превысили предела текучести 245 МПа.

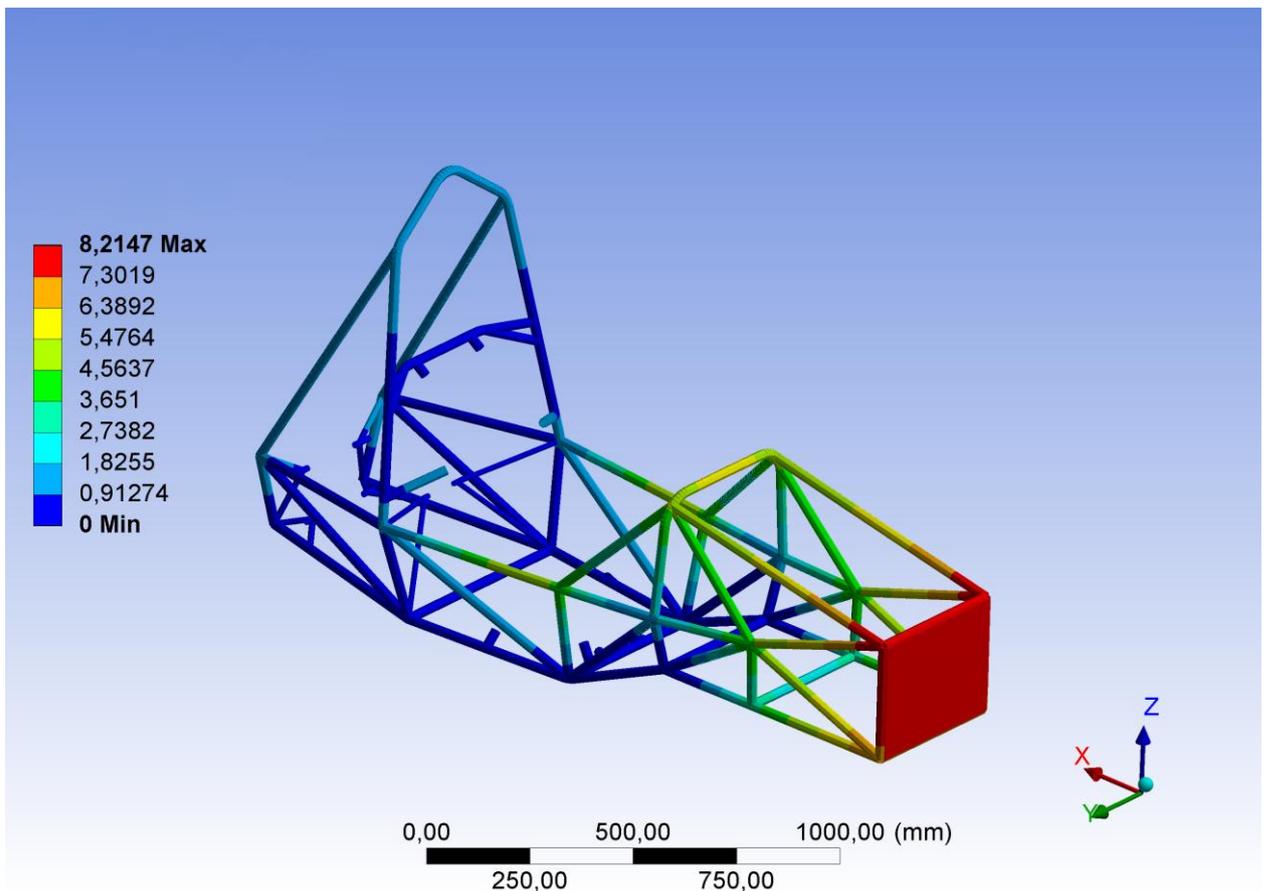


Рисунок 4.17 – Распределение деформации передней балки и опоры балки,  
 мм

На рисунке 4.18 представлены графические итоги расчета прочности и жесткости крепления плечевого ремня.

По итогам расчета предельная деформация крепления плечевого ремня каркаса составила  $11,1 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$  – условие жесткости выполнено.

Во время проведения расчетов модель каркаса была закреплена в зоне фиксации составляющих ходовой части. Наибольшие эквивалентные напряжения, образующиеся в системе, не превысили предела текучести 245 МПа.

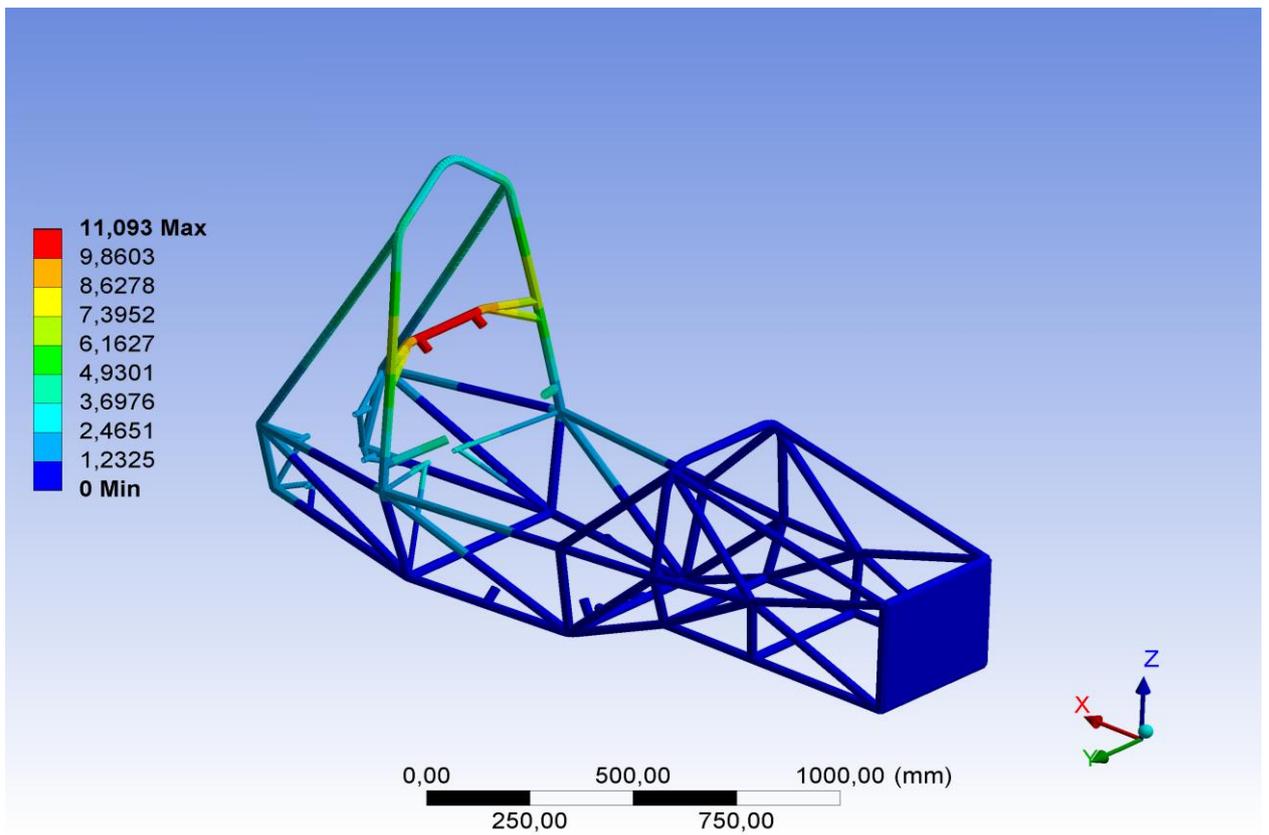


Рисунок 4.18 – Распределение деформации крепления плечевого ремня, мм

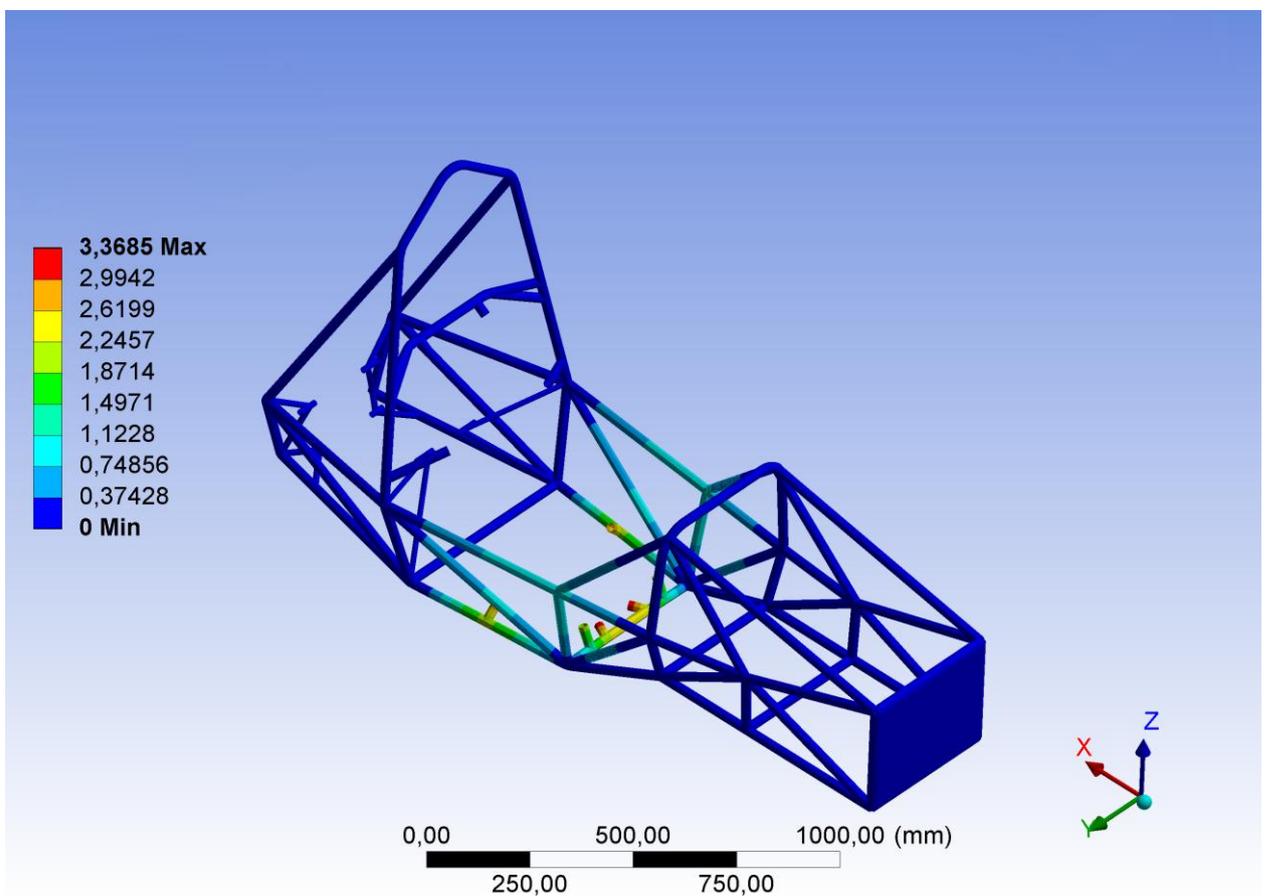


Рисунок 4.19 – Распределение деформации крепления поясного ремня, мм

На рисунке 4.19 выше представлены графические итоги расчета прочности и жесткости крепления поясного и пахового ремня.

По итогам расчета предельная деформация крепления поясного и пахового ремня каркаса составила  $3,4 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$  – условие жесткости выполнено.

Во время проведения расчетов модель каркаса была закреплена в зоне фиксации составляющих ходовой части. Наибольшие эквивалентные напряжения, образующиеся в системе, не превысили предела текучести 245 МПа.

На рисунке 4.20 представлены графические итоги расчета прочности и жесткости передней балки и опоры передней балки вне оси.

По итогам расчета предельная деформация передней балки и опоры передней балки вне оси каркаса составила  $24,7 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$  – условие жесткости выполнено.

Во время проведения расчетов модель каркаса была закреплена в зоне фиксации составляющих ходовой части. Наибольшие эквивалентные напряжения, образующиеся в системе, не превысили предела текучести 245 МПа.

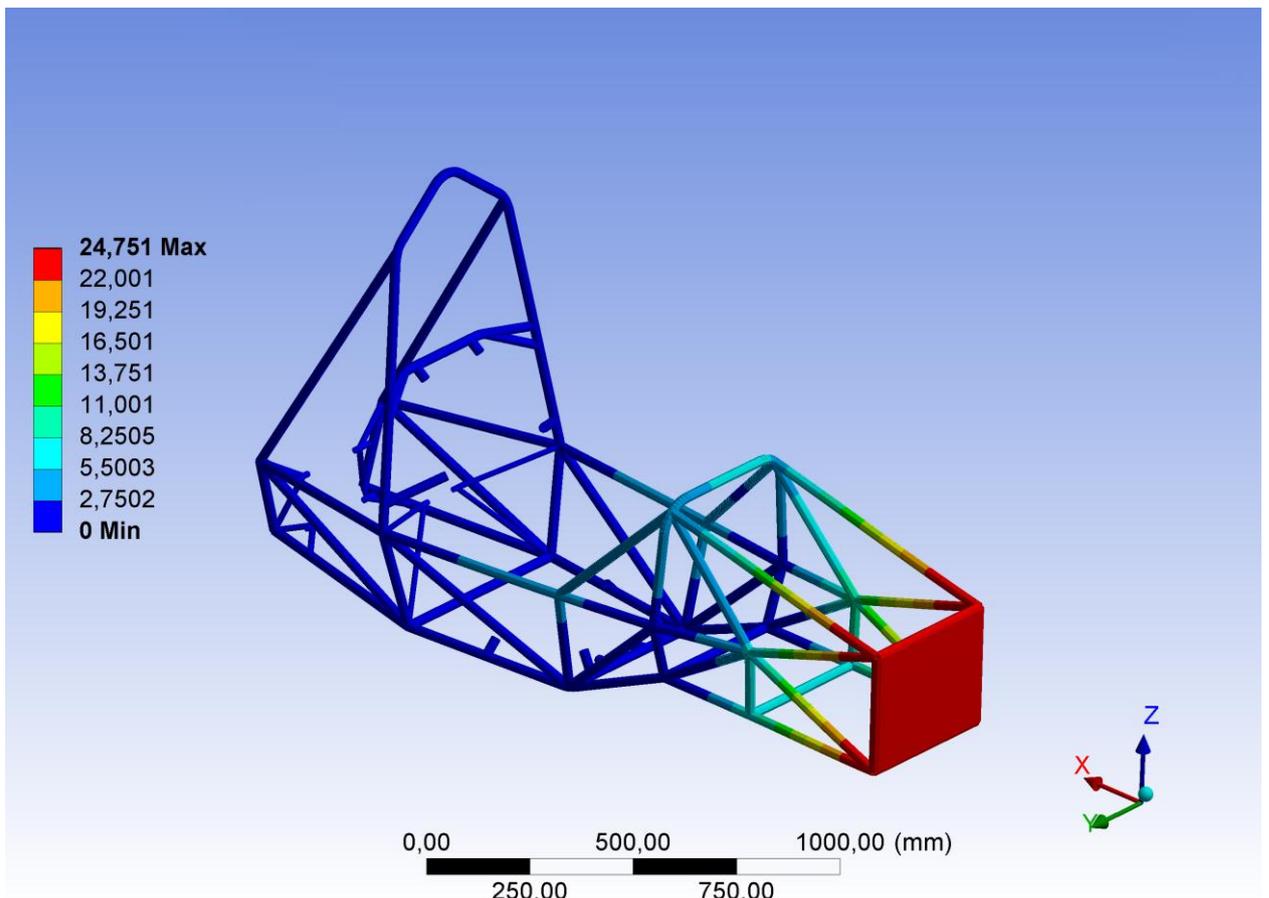


Рисунок 4.20 – Распределение деформации передней балки и опоры передней балки вне оси, мм

В результате проведенного анализа были получены результаты прочности и жесткости, которые не превышают максимальные допустимые значения, приведенные в регламенте Formula Student.

## 5 Экономическая эффективность проекта

### 5.1 Определение себестоимости рамы болида

Данные необходимые для нахождения себестоимости каркаса гоночного болида «Формула студент» 2018 отображены в таблицах 5.1, 5.2 и 5.3.

Таблица 5.1 – Коэффициенты для расчета себестоимости каркаса

Наименование показателей	Обозначение	Норма, %
Коэффициент страховых взносов	КСВ	30
Коэффициент общезаводских расходов	КОБЗ	125
Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования	КОБ	200
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	КТР	1,45
Коэффициент цеховых расходов	КЦ	175
Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	КПД	30
Коэффициент возвратных отходов	КВОТ	2
Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	КИ	3
Коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату	КВЫП	10

Таблица 5.2 – данные для расчета заработной платы рабочих

Тарифный разряд рабочего	Обозначение	Часовая тарифная ставка, руб.
3	Ср	67,03
4		71,97
5		80,12

Таблица 5.3 – Прочие данные для расчета затрат

Наименование показателя	Обозначение	Значение
Годовая программа выпуска	Нгод.	1
Амортизационная норма	НА	10%
Значение рентабельности	Ур	30%

Для расчета затрат на закупку сырья и материалов воспользуемся формулой:

$$M = C_{M_i} \cdot Q_{M_i} \cdot \left( 1 + \frac{K_{мзр}}{100} - \frac{K_{вом}}{100} \right) \quad (5.1)$$

$C_{M_i}$  - оптовая цена материала  $i$ -го вида, руб.,

$Q_{M_i}$  - норма расхода материала  $i$ -го вида, кг, м.

$K_{мзр}$  - коэффициент транспортно-заготовительных расходов, %  
(принимается равный 3%)

$K_{вом}$  - коэффициент возвратных отходов, % (принимается равный 2%)

$$M_1 = 147 \times 4 \times 1,01 = 593,88$$

$$M_2 = 145 \times 20 \times 1,01 = 2929,00$$

$$M_3 = 141 \times 2 \times 1,01 = 284,82$$

$$M_4 = 47 \times 1 \times 1,01 = 47,47$$

$$M_5 = 130 \times 1 \times 1,01 = 131,30$$

$$M_{\text{сум}} = 3986,5$$

Результаты занесем в таблицу 5.4

Таблица 5.4 – Затраты на сырье и материалы изделия

Наименование сырья, материала	Расход, кг.	Сред. цена за 1 шт, руб.	Сумма, руб.
Труба 25x2,5 ГОСТ 8734-75	4	147	588
Труба 25x1,8 ГОСТ 8734-75	20	145	2900
Труба 14x2,0 ГОСТ 8734-75	2	141	282
Лист 1000x500x2,0 ГОСТ 19904-90	1	47	47
Проволока сварочная СВ08Г2С 1,2 мм	1	130	130
ИТОГО:		3947	
Транспортно-заготовительные расходы		3%	
Возвратные отходы		2%	
ВСЕГО:		3986,47	

Затраты на изделие рассчитаем по формуле:

$$П_u = C_i \cdot n_i \cdot \left( 1 + \frac{K_{мзр}}{100} \right) \quad (5.2)$$

$C_i$  – оптовая цена для покупных полуфабрикатов и изделий  $i$ -го вида, руб.

$n_i$  – количество покупных полуфабрикатов и изделий  $i$ -го вида, шт.

Определим затраты на покупные изделия и занесем в таблицы 5.5.

$$P_{и1} = 3,05 \times 8 \times 1,03 = 25,13$$

Таблица 5.5 - Затраты на покупные изделия

Наименование покупного изделия	Количество, шт.	Средняя цена за 1 шт, руб.	Сумма, руб.
Гайка М8-6Н DIN 929	8	3,05	24,4
ТЗР	3%	-	0,73
Всего	-	-	25.13

Основную заработную плату производственных рабочих рассчитаем по формуле:

$$Z_o = Z_T \cdot \left( 1 + \frac{K_{прем.}}{100} \right) \quad (5.3)$$

$Z_T$  – заработная плата по тарифу, найдем ее по формуле:

$$Z_T = C_p \cdot m, \quad (5.4)$$

$C_p$  – тариф ставки в час, руб;

$m$  – трудоемкость выполнения операции, час;

$K_{прем.}$  – коэффициент премий и доплат, связанных с работой на производстве, %.

Проанализировав трудоемкость для изготовления каркаса болида за 2017 года делаем вывод, что в основном, содержание и структура технических операций для сборки каркаса болида «Формула Студент» 2018 не будет отличаться от предыдущего года. Рассчитаем затраты по статье основной заработной платы по всем операциям сборки каркаса и занесем результаты в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 - Затраты на основную заработную плату

Вид операции	Разряд работы	Трудоемкость	Час. тариф. ставка руб.	Тариф. зар., руб.	Премииальные доплаты
Заготовительная	3	1,25	66,71	83,39	8,34
Токарная	4	0,9	72,24	65,02	6,50
Фрезерная	3	1,55	66,71	103,40	10,34
Сварочная	5	1,8	81,83	143,80	14,38
Шлифовальная	3	0,3	66,71	20,01	2,00
Сборочная	5	0,5	81,83	29,73	2,13
Контрольная	4	0,15	70,42	6,22	1,31
Итого:	454,80				136,44
Всего:	591,24				

Расчет статьи затрат «Дополнительная заработная плата производственных рабочих» [21] выполняется по формуле:

$$Z_{\text{доп.}} = Z_o \times K_{\text{вып.}}, \quad (5.5)$$

$$Z_{\text{доп.}} = 591,24 \times 0,10 = 59,12$$

Расчет статьи затрат «Страховые взносы в ПФРФ, ФССРФ, ФФОМС» выполняется по формуле:

$$C_{\text{с.в.}} = (Z_o + Z_{\text{доп.}}) \times E_{\text{св.}}, \quad (5.6)$$

$$C_{\text{с.в.}} = 591,24 + 59,12 \times 0,30 = 195,11$$

Расчет статьи затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» [21] выполняется по формуле:

$$C_{\text{сод.обор.}} = Z_o \times E_{\text{обор.}}, \quad (5.7)$$

$$C_{\text{сод.обор.}} = 591,24 \times 2,00 = 1182,48$$

Расчет статьи затрат «Цеховые расходы» выполняется по формуле:

$$C_{\text{цех}} = Z_o \times E_{\text{цех}}, \quad (5.8)$$

$$C_{\text{цех}} = 591,24 \times 1,75 = 1035,0$$

Расчет статьи затрат «Расходы на инструмент и оснастку» выполняется по формуле:

$$C_{\text{инстр}} = Z_0 \times E_{\text{инстр}}, \quad (5.9)$$

$$C_{\text{инстр}} = 591,24 \times 0,03 = 17,74$$

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{\text{цех с/с}} = M + \Pi_{\text{и}} + Z_0 + Z_{\text{доп.}} + C_{\text{св}} + C_{\text{сод.обор.}} + C_{\text{цех}} + C_{\text{инстр.}} \quad (5.10)$$

$$C_{\text{цех с/с}} = 3986,47 + 25,13 + 591,24 + 59,12 + 195,11 + 1182,48 + 1035,0 + 17,74 = 7092,29$$

Расчет статьи затрат «Общезаводские расходы» выполняется по формуле:

$$C_{\text{об.завод}} = Z_0 \times E_{\text{об.завод}}, \quad (5.11)$$

$$C_{\text{об.завод}} = 591,24 \times 1,25 = 739,05$$

Расчет общезаводской себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{\text{об.завод с/с}} = C_{\text{об.завод}} + C_{\text{цех с/с}}, \quad (5.12)$$

$$C_{\text{об.завод с/с}} = 739,05 + 7092,29 = 7831,34$$

Расчет статьи «Коммерческие расходы» выполняется по формуле:

$$C_{\text{ком.}} = C_{\text{об.завод с/с}} \times E_{\text{ком.}}, \quad (5.13)$$

$$C_{\text{ком.}} = 7831,34 \times 0,05 = 391,57$$

Расчет полной себестоимости выполняется по формуле:

$$C_{\text{пол.}} = C_{\text{об.завод с/с}} + C_{\text{ком.}}, \quad (5.14)$$

$$C_{\text{пол.}} = 7831,34 + 391,57 = 8222,9$$

Определение расчетной цены для базового и проектируемого изделия выполняется по формуле:

$$Ц_{\text{расч.б}} = C_{\text{пол.б}} \times (1 + K_{\text{рент}}), \quad (5.15)$$

$$Ц_{\text{расч.б}} = 8222,9 \times 1 + 0,3 = 10689,774$$

$$Ц_{\text{расч.п}} = Ц_{\text{расч.б}}, \quad (5.16)$$

$$10689,77 = 10689,77$$

Все полученные результаты объединим в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Сравнительные данные по базовому и проектному варианту

Наименование	Обозначение	Затраты на ед. изд. (база)	Затраты на ед. изд. (проект)
1	2	3	4
Стоимость основных материалов	М	4604,47	3986,47
Стоимость комплектующих изделий	П <sub>и</sub>	3309,88	3291,88
Основная заработная плата производственных рабочих	З <sub>о</sub>	595,24	591,24
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	З <sub>доп.</sub>	59,12	59,12
Страховые взносы в ПФРФ, ФССРФ, ФФОМС	С <sub>с.в.</sub>	195,11	195,11
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	С <sub>сод.обор.</sub>	1182,48	1182,48
Цеховые расходы	С <sub>цех.</sub>	1035,00	1035,00
Расходы на инструмент и оснастку	С <sub>инстр.</sub>	17,74	17,74
Цеховая себестоимость	С <sub>цех. с/с</sub>	7123,29	7092,29
Общезаводские расходы	С <sub>об.завод.</sub>	750,05	739,05
Общезаводская себестоимость	С <sub>об.себ.</sub>	7943,34	7831,34
Коммерческие расходы	С <sub>ком.</sub>	411,57	391,57
Полная себестоимость	С <sub>пол.</sub>	9703,90	8222,90
Расчетная цена	Ц <sub>расч.</sub>	10689,77	10689,77

## 5.2 Определение точки безубыточности проекта

Гоночный болид «Формула Студент» это уникальное изделие, изготавливается в одном экземпляре, который каждый год продолжает совершенствоваться, значит определение точки безубыточности по данной методике не выполняем.

## 5.3 Определение эффективности проекта

Определяем эффективность проекта выполним по упрощенной схеме. Определенно, нужно подметить, важным показателем эффективности проекта будет цель выполнить целевой бюджет на создание каркаса. «При этом достижение хороших показателей по крутильной жесткости позволяет задействовать сэкономленные средства на остальные работы или приобретение более эффективных компонентов для изготовления гоночного болида «Формула Студент»» [21].

Определение налогооблагаемой прибыли определяем по формуле:

$$\text{Проб.} = \text{Ц опт} - \text{С}_{\text{цех.себ.}} \quad (5.17)$$

Получаем:

$$\text{Проб. нал. б} = 10689,77 - 9703,90 = 985,87$$

$$\text{Проб. нал. п} = 10689,77 - 8222,9 = 2466,87$$

Определения налога на прибыль определяем по формуле:

$$\text{Нпр.} = \text{Пробл} \times 0,20 \quad (5.18)$$

Получаем:

$$\text{Нпр. б} = 985,87 \times 0,2 = 197,17$$

$$\text{Нпр. п} = 2466,87 \times 0,2 = 493,37$$

Определение чистой прибыли определяем по формуле:

$$\text{Прч.} = \text{Ппробл.} - \text{Нпр.} \quad (5.19)$$

Получаем:

$$\text{Прч. б} = 985,87 - 197,17 = 788,70$$

$$\text{Прч. п} = 2466,87 - 493,37 = 1973,50$$

«Определение экономии, получаемой в результате снижения материалоемкости» [22]. Экономию материалоемкости определяем по формуле (данные берем из табл. 6.5):

$$\text{Э} = \text{М Б} - \text{М П} \quad (5.20)$$

Получаем:

$$\text{Э} = 4604,47 - 3986,47 = 618$$

«Определение текущего чистого дохода (накопленного сальдо)» [22].  
Определяем величину текущего чистого дохода по формуле:

$$\text{ЧД} = 1973,50 - 788,70 + 156,03 + 618 = 1958,83$$

«Определение необходимости в капиталобразующих инвестициях» [22].  
Определяем значение капиталобразующих инвестиций по формуле:

$$J_0 = 0,115 \times 8222,90 = 945,63$$

«Определение чистого дисконтированного дохода» [22].  
Определяем значение чистого дисконтированного дохода по формуле:

$$\text{ЧДД} = \text{ЧД} - J_0 \quad (5.21)$$

Получаем:

$$\text{ЧДД} = 1958,83 - 945,63 = 1013,19$$

Определение индекса доходности по формуле:

$$JD = \frac{\text{ЧДД}_1}{J_0} \quad (5.22)$$

Получаем:

$$JD = 1013,19 / 945,63 = 1,07$$

Определение срока окупаемости каркаса по формуле:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{J_0}{\text{ЧДД}_1} \quad (5.23)$$

Получаем:

$$T_{\text{окуп.}} = 945,63 / 1013,19 = 0,93$$

Полученные данные оформим в таблицу 5.8.

Таблица 5.8 – Показатели экономической эффективности

Наименование показателя	Условное обозначение	Показатели	
		База	Проект
Прибыль налогооблагаемая	Пр <sub>обл</sub>	985,87	2466,87
Налог на прибыль	Н <sub>пр</sub>	197,17	493,37
Прибыль чистая	П <sub>рч</sub>	788,70	1973,50
Чистый поток реальных денег	ЧД	1958,83	
Капиталообразующие инвестиции	Jo	945,63	
Индекс доходности	JD	1,07	
Срок окупаемости	T <sub>окуп</sub>	0,93	

В первом подразделе была определена полная стоимость создания каркаса. Она получилась равной 8222,9, что примерно на 7% меньше предыдущей.

Точка безубыточности не была найдена, так как изделие производится в единственном экземпляре.

Затраты на материалы снизились, в следствие изменения силовой структуры, однако марки и типы материалов использовались идентичные предыдущим годам.

Время окупаемости проекта составило 11 месяцев.

## 6 Безопасность и экологичность объекта

### 6.1 Конструктивная характеристика каркаса гоночного болида

В современном мире, учитывая быстрое развитие компьютерных технологий, становится ясно, что время на разработку новых деталей и проектирование различного вида изделий требуется значительно меньше. Одной из важных задач современного проектирования является создание спортивного (гоночного) автомобиля. В создании такого типа автомобилей принимает участие команда Тольяттинского Государственного Университета, которая ежегодно демонстрирует созданные ими образцы, сочетая в них технологичность, и т.п.

Расчет рамы болида сопровождается одновременным соблюдением определенных нормативных требований, и получении оптимальных тактико-технических характеристик болида.

Расчет рамы гоночного болида — важнейший процесс, результатом которого будет увеличение прочности и удешевление конструкции. Способствовать достижению этой цели будет применение новых средств САПР: систем САД и систем САЕ.

Итогом данного дипломного проекта будет расчет рамы болида: с сохранением необходимых характеристик прочности и жесткости, обеспечение необходимого уровня безопасности спортивной машины.

### 6.2 Техничко-организационная характеристика технического объекта

Изготовление рамы болида «Формула студент» будет осуществляться в производственных масштабах ТГУ.

Участок сварки создаваемого каркаса представлен на рис. 5.1. Он располагается в аудитории Д-112 Института машиностроения. В этой же аудитории располагаются участки по общей сборке и т.д.

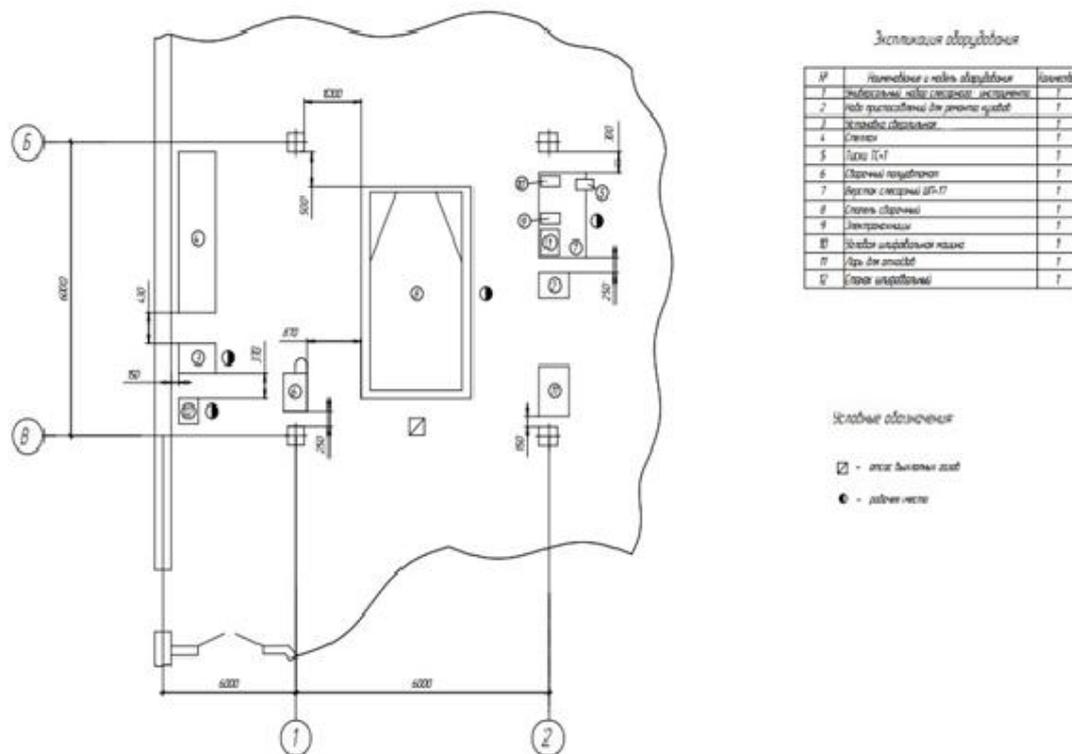


Рисунок 6.1 – Участка сварки каркаса болида «Формула студент»

«Сварка каркаса гоночного болида «Формула Студент» осуществляется с использованием специального технологического стапеля собственного изготовления, на котором также можно осуществлять общую сборку» [23]. Представлен технологический паспорт в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технологический паспорт технического объекта

Технолог. процесс	Технолог. операция, вид выпол. работ	Наим. долж. раб., выпол. технолог. процесс, операцию	Оборуд., тех. устройство, приспособление	Материалы, вещества
Сборка	Осущ. механо-сборочных работ	Слесарь 4 разряда	Набор инстр. OMBRA OMT82S, 82 предмета, Россия	-

Продолжение таблицы 6.1

Под. к сварке	Фиксация деталей	Слесарь 4 разряда	Набор для кузовных работ Unitraum UN70401S, Россия	-
Под. к сварке	Сверление отверстий в деталях каркаса	Слесарь 3 разряда	сверлильный станок JDP-8L 10000355M, Швейцария	-
Хранение	Хранение труб и листового металла	Зав. складом	Стеллаж для материалов	-
Вспомогательный	Зажим деталей	Слесарь 3 разряда	Тиски, ТС-1	-
Сварка	Сварка деталей каркаса	Слесарь 4 разряда	Сварочный полуавтомат СПЕЦ MAG-135 INVERTOR, Россия	Проволока сварочная омедненная (5 кг; 1 мм) QUATTRO ELEMENTI 770-360
Вспомогательный	Осущ. рихтовочных и сборочных операций	Слесарь 4 разряда	Металлический стол верстак ВС 1 серия ВС, Россия	-
Технолог. процесс	Технолог. операция, вид выпол. работ	Наим. долж. раб., выпол. технолог. процесс, операцию	Оборуд., тех. устройство, приспособление	Материалы, вещества
Вспомогательный	Фиксация деталей каркаса при сварке	Слесарь 4 разряда	Стапель сборочный универсальный (собственного изготовления)	-
Раскрой	Раскрой материала в	Слесарь 3 разряда	Ножницы сетевые hitachi CN 16 SA (HTC-CN16SA), Япония	-

Продолжение таблицы 6.1

Раскрой	Подрезка материала	Слесарь 3 разряда	Угловая шлифмашина Metabo W 750-125, Китай	Отрезной круг по металлу ЛУГА 125x3, 0x22.2 A24 SBF80 (14А БУ), Россия
Вспомогательный	Заточка режущего инструмента	Слесарь 4 разряда	Станок заточной интерскол Т150/150, Россия	Абразивный диск МЕТАВО 120x20x20мм 36 Р НК заточной, Венгрия

Инструмент в таблице 6.1 подобран из каталога [22].

### 6.3 Идентификация профессиональных рисков

Произведем идентификацию профессиональных рисков которые могут возникать на участке сварки каркаса.

Профессиональный риск – есть производство факторов среды и трудового процесса, которые воздействуют непосредственно на рабочего, и могут вызывать: профессиональное заболевание, повышение частоты инфекционных и соматических заболеваний, временно лишить работоспособности.

Сведем все профессиональные риски в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Идентификация профессиональных рисков на участке сварки каркаса

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
Осуществление механосборочных работ	Перемещаемые подвешенные грузы, утомляемость»	Движущие машины (механизмы)
«Сверление отверстий в деталях каркаса» [24]	«Металлическая стружка, повышенный уровень шума» [24]	«Сверлильный станок» [24]

Продолжение таблицы 6.2

«Сварка деталей каркаса» [24]	«Повышенные температуры, газы, ультрафиолет, выделяемые при сварке» [24]	«Сварочный аппарат» [24]
«Осуществление рихтовочных и сборочных операций» [24]	«Повышенный уровень шума и вибрации, недостаточная освещенность» [24]	Рихтовочное оборудование, молоток
Раскрой материалов	Металлическая стружка, заусенцы, острые кромки, повышенное напряжение	Электроножницы
Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	«Опасный и/или вредный производственный фактор» [24]	«Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [24]
Подрезка материала	Абразивная пыль, повышенное напряжение	Отрезной круг угловой шлифовальной машины
Заточка режущего инструмента	«Подвижные части оборудования, абразивная пыль» [24]	Заточный станок

6.4 Методы и средства снижения профессиональных рисков ОВПФ на участке сварки каркаса

Опасные и вредные производственные факторы на участке сварки каркаса приведены в таблице 6.3

Таблица 6.3 – Опасные и вредные факторы на участке сварки каркаса

ОВПФ	Оборудование, приспособление, инструмент на участке сварки	Воздействие на организм работника
Движущие машины (механизмы)	Кран балочный, кранбалка, установленная в верхней части аудитории Д-211	Запыленность воздуха, общая вибрация, шум, движение воздуха, нарушение целостности организма
Подвижные части производственного оборудования	Шлифовальный станок, вращающиеся части инструмента	Шум, общая вибрация, повреждения частей тела
Передвигающиеся изделия	Детали и сборочные единицы в стапеле	Повреждение частей тела
Повышенная запыленность и загрязненность воздуха	Шлифовальный станок, УШМ, сварочный аппарат	Воздействие на органы дыхания, утомляемость
ОВПФ	Оборудование, приспособление, инструмент на участке сварки	Воздействие на организм работника
Повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука, ультразвуковых колебаний	Электроинструмент, сверлильный станок, УШМ, шлифовальный станок	«Шумовое и вибрационное воздействие на органы слуха, внутренние расстройства организма, влияние на сердечнососудистую систему, утомляемость» [24]
Повышенное напряжение электросети	Электроустановки, сборочное и сварочное оборудование (220 В)	Поражение электротоком
Отсутствие (недостаток) естественного освещения»	«Производственные помещения, осветительное оборудование» [24]	«Влияние на органы зрения, повышенная утомляемость, усталость» [24]

Продолжение таблицы 6.3

«Острые кромки, заусенцы, шероховатость заготовок, инструмента, оборудования» [24]	«Заготовки, детали и сборочные единицы, инструмент, стеллаж» [24]	«Повреждение частей тела, нарушение целостности организма» [24]
Раздражающие вещества	Пыль, сварочные газы	Раздражение кожи, воздействие на органы дыхания
Физические перегрузки		«Статические и динамические перегрузки, утомление» [24]
Нервно-психические	Компьютерная техника и др.	«Утомление, усталость, эмоциональное перенапряжение» [24]

Проанализируем влияние ОВПФ на организм членов команды, работающих в зоне сварочного участка. Влияние электрического тока на участке.

Термический, электролитический и биологический вид действия электрического тока.

Результатом термического воздействия являются ожоги, нагрев сосудов, тканей и др.

Электролитическое действие обычно сопровождается разложением крови, что способствует нарушению её физико-химического состава.

Биологическое действие свойственно только живой материи. Именно этот фактор делает его особенным. Возбуждение живых тканей, дезорганизацией внутренних биоэлектрических процессов, которые протекают в здоровом организме, служат явными признаками данного действия.

Итогом всех этих действий могут стать различные нарушения в работе организма: отказ органов дыхания, замедление кровообращения (вплоть до остановки), нарушение работы нервной системы.

Такое изобилие воздействий электрического тока на организм человека зачастую сопровождается электротравмами, которые можно описать как: общие электротравмы (электрический удар) и местные. Статического электричество при воздействии на человека проявляется в виде слабого длено текущего тока или в виде разряда, который проходит через его тело.

Обычно этот разряд заставляет человека производить рефлекторные движения, которые в определенных случаях приводят к несчастным случаям. «Кроме того, электростатическое поле повышенной напряженности отрицательно влияет на организм человека, вызывая функциональные изменения со стороны центральной нервной, сердечно-сосудистой и других систем организма» [24].

Ограничение от опасного воздействия электростатического поля на сотрудников организуется проведением урегулирования и нормирования положений описанных «Санитарно - гигиеническими нормами допустимой напряженности электростатического поля № 1757-77»[25].

### 6.5 Химические воздействия

Изобилие химических веществ и их испарений непосредственно на участке сборки и сварки являются очень вредными для работника. Стоит отметить, что наиболее опасными являются газы, выделяющиеся в процессе сварки.

Химические воздействия — это вещества, при взаимодействии с которыми (достаточно кратковременных) наступает этап развития отравления работника. По типу действий их различают на: гемолитические, антиферментные, угнетающие дыхательный и мышечные центры и др.

Отравляющими или ядовитыми свойствами могут обладать многие используемые на участке сварки химические вещества.

Необходимо обратить внимание и на то, что вредоносными препаратами по обыкновению имеют все шансы оказаться поваренная соль или же же воздух при завышенном давлении (находящийся, к примеру, в

баллонах с кислородом, применяемым при сварочных работах). Такие простые по пониманию вещества являются очень опасными производственными факторами.

Всё же к наиболее опасным химическим веществам относят такие из них, которые передают своё действие в обычных для быта условиях и в сравнительно небольших количествах. Обычно такие вещества попадают в организм человека по средству дыхания, кишечно-желудочного тракта, или воздействуя на кожный покров человека. Наиболее распространенным способом профессионального заболевания или отравления работника является поглощение им вредных (отравляющих) веществ органами дыхания. Этот вид заражения выделяют как один из наиболее опасных, объясняя это тем, что отравляющие вещества поступают в организм человека проходя разветвленную легочную ткань, оседая прямо на крови, и мгновенно распространяясь по телу.

«Вредные вещества химического происхождения могут быть причиной местных и общих профессиональных отравлений, протекая в острой и хронической форме» [25].

Локальное действие вредного вещества в промышленности производства встречается редко. Однако, высокие темпы развития химической промышленности представляют собой использование этих веществ в технологическом процессе использования транспортных средств, и весь комплекс вредоносных факторов воздействует непосредственно на рабочего.

Оценивая количество вредного воздействия химических ОВПФ применяют такой термин как предельно допустимую концентрацию (ПДК). ПДК – количественный показатель вредного вещества, получаемый при ежедневном труде рабочего, на протяжении всей рабочей деятельности, не вызывающий отклонения здоровья. Существует 4 класса химической опасности веществ:

- 1) чрезвычайно опасные;

- 2) высокой опасности;
- 3) умеренной опасности;
- 4) малой опасности.

## 6.6 Производственный шум

Шум, который появляется в процессе сварочных работ, воздействует на организм работающего отрицательно, а именно, те члены команды «Формула Студент», которые привлекаются к сборке каркаса испытывают на себе: увеличение расхода энергии при физической работе, ослабление внимания, увеличение огрехов в работе, снижение скорости работы. Итогом всех этих факторов становится более низкая производительность труда и качество производимых работ.

Шум разделяют на постоянный и непостоянный. Постоянный – это такой шум, уровень которого достигает величины не более 5 дБ(А), при изменении времени в процессе рабочего дня. Непостоянный – это такой шум, уровень которого достигает величины более 5 дБ(А) [25].

## 6.7 Тяжесть труда

Тяжесть труда обычно оценивают согласно нормам, прописанных в «Гигиеническими критериями оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» [25].

В содержание данного документа входит перечень уровней факторов тяжести труда, приведенных в эргометрических величинах, которые отражают деятельность труда работника входящий этот процесс.

Основные критерии нагрузок: физическая; величина груза; общепринятые (типовые); статических; рабочая поза (положение при выполнении работ); сгибания корпуса; перемещение поцеху.

Критерий «общепринятые движения» в этом контексте отражает простое, регулярно повторяющиеся во времени и пространстве движения.

Так же этим движениям свойственно разделение на локальные и региональные.

## 6.8 Вибрация

Воздействие вибрации на организм человека принято разделять на два вида: общую и локальную [26].

Под общей вибрацией понимают вибрацию, которая прикладывается на опорные части тела рабочего будучи его в положении сидя или стоя, и вызывается вибрационное действие по всему организму.

В отличие от общей вибрации локальная, как правило, распространяется на отдельные участки (части) человеческого тела.

Снижение опасного (вредного) воздействия вибрации на производстве регулируется гигиеническим и техническим её нормированием.

Гигиеническое нормирование осуществляется наложением ограничений на параметры вибрации рабочих мест, а также поверхностей, с которыми происходит контакт рук работающего, учитывающие и физиологические требования.

«При техническом нормировании выполняют ограничение параметров вибрации с учётом не только указанных требований, но и технически достижимого на сегодняшний день для данного вида машин уровня вибрации» [26].

## 6.9 Организационные мероприятия

Мероприятия по организации – есть важный фактор, предупреждающий о возникновении различного рода (опасных) ситуаций на участке сварки.

Поддержание охраны труда (экологичности процесса, техники безопасности) возможно при своевременном проведении инструктажа для студентов по технике безопасности, противопожарной охране, производственной санитарии и т.п.

Виды инструктажа:

- Вводный инструктаж. Его необходимо проходить всем тем, кто поступает на предприятие, прикомандированные, учащиеся. Этот инструктаж доводит инженер по охране труда.
- Первичный инструктаж. Обычно его проводят с теми кто переводится из одного места в другое, прикомандированными и т.д.
- Повторный инструктаж. Он проводится один раз в полгода (в течении шести месяцев). Целью данного инструктажа служит восстановление всех пунктов и правил по охране труда.
- Внеплановый инструктаж. Проведением данного инструктажа служат поправки или разработка технологического процесса, изменение уже существующих правил охраны труда, использования новейших видов техники, несоблюдение работниками всех мер безопасности, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву и т.д.

Важное значение имеет профессиональный отбор кадров-студентов, который выявляет лица непригодные по своим физико-антропометрическим данным к работе в том или ином производственном процессе.

Участники команды так же обязаны соблюдать следующие правила: соблюдение руководств по охране труда, поставленных требований обращения с машинами и механизмами и использования способами персональной защиты.

Нормированный рабочий день с 8:30 до 17:00 с перерывом на обед в один час. Из 5 рабочих дней состоит рабочая неделя, при необходимости суббота назначается рабочим днем

#### 6.10 Планировочные мероприятия

Расположение всего вида оборудования на участке сварки должно обеспечивать все требования действующих нормативно-правовых актов и строго соблюдать всю очередность операций технологического процесса производимых на участке.

1. Производственное оборудование и его положение должно создавать строгую последовательность операций технического (технологического) процесса. Соответствовать всем требованиям нормативно-правовых актов и правил.

2. Оборудование, агрегаты, инструменты, и материалы на рабочих местах размещаются так, чтобы исключить всякую опасность для рабочих.

3. Расстояния между единицами оборудования, а также между оборудованием и стенами производственных зданий, сооружений и помещений должно подходить под требования, предъявляемым к нормам технологического проектирования, нормам строительного проектирования, регламентам и др.

4. Перестановка внутри лаборатории и выбор нового места технологического оборудования должны отражаться на технологической планировке, а так же быть согласованными с органами Госсанэпиднадзора и пожарного надзора.

5. Размещение производственного оборудования должно учитывать способы и методы доставки к рабочим местам агрегатов, узлов и материалов. Величина ширины проезда определяется в зависимости от габаритов транспортируемых объектов и устанавливается в соответствии с нормативно-правовыми актами.

6. В свободных зонах должно отсутствовать неиспользуемое оборудование. Не заставляться излишними инструментами, материалами, деталями, тарой и др.

7. Места для работы должны быть удобными, обеспечивать свободу движений, минимизировать физические напряжения и нагрузки, обезопасить высокая производительность условий труда.

8. Рабочее место так же должно иметь правильное и удобное размещение инструмента, приспособлений, и комплектующих изделия. В непосредственной близости размещают шкафы для инструмента, стеллажи и т.п., обеспечивая высокую производительность.

9. Все детали, инструменты, комплектующие в процессе производства должны храниться строго на стеллажах или полках, обеспечивающих устойчивое и надежное их положение.

Верстак для изготовления различных деталей к сварке обязан иметь достаточно жесткую и надежную конструкцию. Для избежание попадания в студентов отработавших частей, верстак необходимо оборудовать сетками, которые будут предотвращать попадания. Высота такой сетки должна быть  $\geq 750$  мм с величиной ячеек  $\leq 3$  мм.

#### 6.11 Технические мероприятия

Приточно-вытяжная вентиляция является средством обеспечения чистоты воздуха в зоне проведения сварочных работ. Её работа заключается в том, что бы удалять из помещения загрязненный воздух. Она является основным средством очистки воздуха в рабочей зоне на участке сварки.

Особенностью вентиляции является практически полное удаление грязного (нагретого) воздуха, осуществляя при этом подачу свежего. Их делят на некоторое количество видов вентиляции: натуральная (проветривание, аэрация), механическая и комбинированная. Поддержка микроклимата на участке осуществляется за счет механической (искусственной) вентиляции, так же с ней взаимодействует организованный естественный воздухообмен.

Требуемая освещенность участка достигается совместной системой освещения; недостаток естественного освещения компенсируется (дополняется) искусственным. Дополнением к этому служит оборудование (установка) на участке рабочего освещения, которое предназначено для более качественного проявления процесса производства, перемещений сотрудников. Это условие обязательно для всех помещений производства.

## 6.12 Обеспечение электробезопасности

Источниками электрической опасности являются электрические розетки и стеллажи (шкафы), находящиеся на производственном участке.

Используемый нами участок характеризуется отсутствием условий, создающих «повышенную опасность» и «особую опасность».

Причины воздействия электрического тока будут:

1. Непроизвольный контакт с токоведущими местами, которые находятся под напряжением в силу неисправности защитных средств, которыми пострадавший оказывает воздействие;

2. Возникновение различного вида напряжений на конструкциях с металлической основой (металлических конструктивных частях оборудования) результатом чего служит: нарушение изоляции токоведущих частей

3. Возникновения напряжения в частях, отключенных от сети, являются: замыкание отключенных и находящихся под напряжением токоведущих частей.

4. Появление напряжения шага на данном участке земли, на котором находится человек, образуется в результате:

- заземления фазы;
- вынос потенциала протяжённым токопроводящим предметом;
- неисправность устройства, обеспечивающее защищенное заземление.

Защитой всех работников и сотрудников данного участка от электрической опасности является оборудование, которое будучи подключенным к сети будет заземлено или занулено.

## 6.13 Обеспечение пожарной безопасности

«Требованием регламентом о пожарной безопасности пожары классифицируют по виду горючих материалов: пожары твердых горючих

веществ и материалов (А); пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В); пожары газов (С); пожары металлов (D); пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е); пожары ядерных материалов, радиоактивных отходов и радиоактивных веществ (F)»[26].

Организация, оснащенная техникой вычисления, имеет наиболее высокие риски возникновения пожаров, причины которых носят электрический характер:

- перегрузка, короткое замыкание, нарушение изоляции, которое сопровождается нагревом проводников, достигая возгорания изоляции;
- электрическая дуга, которая возникает непосредственно между контактами коммутирующих аппаратов, не предусмотренных для отключения большого тока нагрузки;
- плохой контакт в местах соединений проводов и их нагрев посредством высокого сопротивления при протекании эл. тока;
- искрение, возникающее внутри электрического аппарата, плюс к этому искрение, результатом которого стало появление ударов молнии и электростатических разрядов.

События, по противопожарной обороне делятся на организационные, эксплуатационные, технические и режимные. Применение профилактических мер есть следствие высокой пожароопасности. Пожарные мероприятия при эксплуатации электрических устройств и приборов заключается в надлежащих событиях регламентированных «Правилами техники безопасности» и соблюдение работающими инструкций и правил и др.

Исключение возникновения пожаров линий кабеля, есть применение специальных огнезащитных покрытий. Необходимые мероприятия по ремонту кабельных линий сваркой, пайкой или открытым огнем должны осуществляться со строгим соблюдением мер пожарной безопасности. Тщательная проверка состояния контактов в местах их соединений является предотвращением местного нагрева, нагрева самого провода и нагрева

изоляции. Важно понимать, что большое внимание необходимо обращать на временные электропроводки, у которых имеется плохая изоляция в местах их соединения, подвергающимся изгибам, скручиванию и удару, что вызывает непосредственное нарушение изоляции кабелей и способствует короткому замыканию. Надежная работа радиоэлектронных изделий определяется только заданными интервалами температур, влажности, тока и напряжения. Неустойчивое значение электрических и климатических параметров делает эти изделия источником очага возгорания и высоких температур. Следствием чего могут стать: загорание резисторов, и отдельных элементов схемы. Причина тому будет некачественное исполнение и нарушения правил монтажа.

Ликвидацией появляющихся очагов возгорания (пожара) силами сотрудников и рабочих будет полное обеспечение, согласно действующим нормам, средствами пожаротушения, пожарным инвентарем, подручными инструментами. При тушении электроустановок, находящихся под напряжением до 10 кВ, разрешается применение углекислотных (ОУ-3).

В помещении присутствует пожарная сигнализация, извещающая органы пожарной охраны о пожаре и место его возникновения - обеспечивается автоматически при помощи «датчиков-извещателей и нажатием кнопки пожарной сигнализацией» [26].

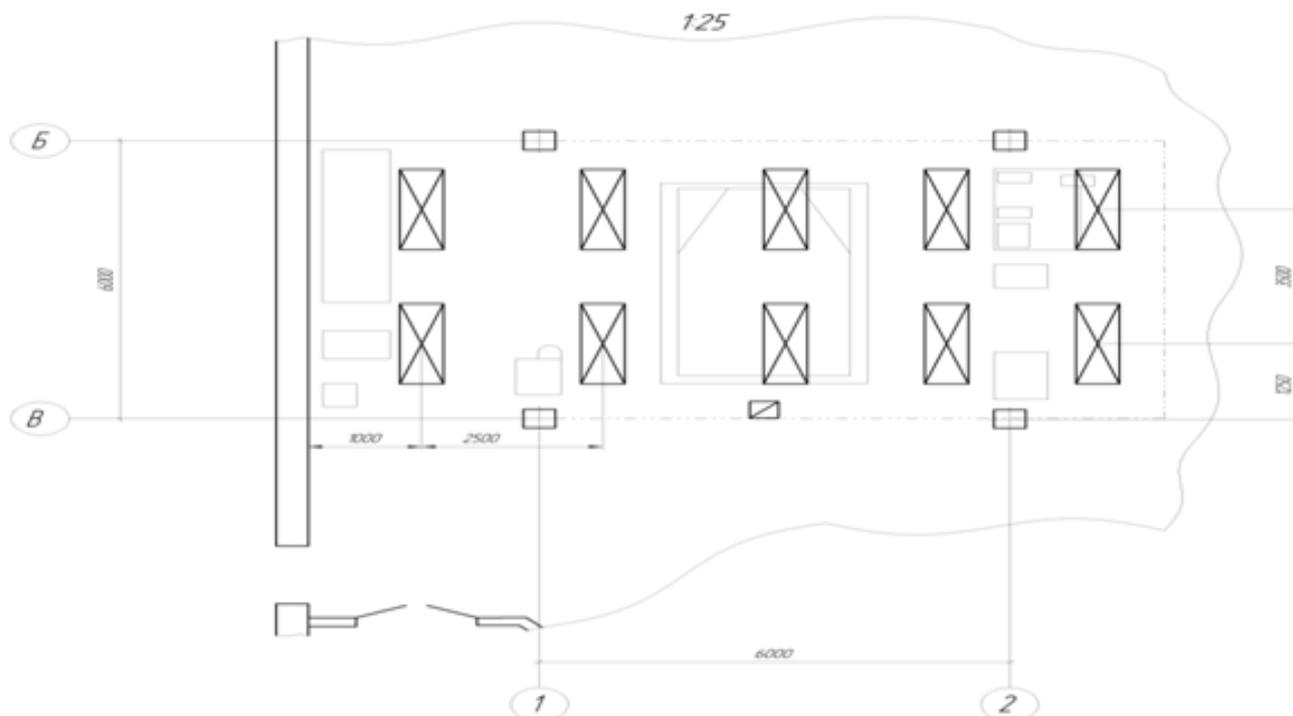


Рисунок 6..2 – Схема расположения светильников на участке сварки

#### 6.14 Обеспечение экологической безопасности на участке сварки

Выполнение идентификации негативного (вредного, опасного) экологического фактора, который возникает при реализации производственно-технологических процессов сварки каркаса.

Отходами на участке сварки являются: опилки, шлак, металлическая стружка и т.д.[26].

Существует довольно широкий выбор установок, которые позволяют производить сбор промышленных и бытовых отходов, а так их переработки в дальнейшем.

Повышенная эффективность переработки отходов напрямую зависит от их сортировки. Зачастую зарубежные европейские страны производят сортировку по типу материалов, и уже давно используют это как в обще бытовых, так и в промышленных масштабах. Результат такого оборота – получение вторичного сырья, которое имеет меньшую себестоимость.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С поддержкой передовых инженерных способов проектирования возможно получить более выгодные итоги при разработке системы, в частности уменьшение сроков проектирования и оптимизация финансовых потерь на план. В связи с этим, представленная работа по расчету рамы автомобиля класса «Формула студент» 2018 считается актуальной.

В работе выполнен тягово-динамический расчет, необходимые конечно-элементные расчеты каркаса, конечно-элементный анализ прочности и жесткости каркаса гоночного болида. В результате проведенного анализа были получены результаты прочности и жесткости, которые не превышают максимальные допустимые значения, приведенные в регламенте «Формула студент». Конечно-элементная модель каркаса была получена в универсальном пре- и постпроцессоре ANSYS. Полная стоимость каркаса составила 8222,9, что примерно на 7% меньше стоимости предыдущей модели.

Подводя результат вышесказанного, можно обозначить, что спроектированный с использованием передовых CAD и CAE технологий студенческой командой каркас содержит достаточные характеристики по прочности и жесткости. Максимальная деформация главной дуги составляет 22,3 мм при требуемом максимуме в 25 мм.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кудрявцев, С.М. Основы проектирования, производства и материалы кузова современного автомобиля: монография / Г.В. Пачурин, Д.В. Соловьев, В.А. Власов; под ред. С.М. Кудрявцев. – Н. Новгород, 2010. – 236 с.
2. Раймпель, Й. Шасси автомобиля. / Сокр. пер. 1 тома нем. изд. В.П. Агапова; под ред. И.Н. Зверева. - М.: Машиностроение, 1983. - 356 с.
3. Теория и конструирование автомобилей / под ред. В.А. Илларионов [и др.] - М.: Машиностроение, 1992. - 416 с.
4. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И. Анурьев. - 8-е изд. - М.: Машиностроение, 2001. - 864 с.
5. Орлов, П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн./ Под ред. П.И. Усачева. - 3-е изд., исправл. - М.: Машиностроение, 1988. – 467 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ под ред. А.К. Косиловой; Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. – 396 с.
7. Конструкция и строение автомобиля [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://autoustroistvo.ru/>
8. Системы современного автомобиля [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://systemsauto.ru/>
9. Michael Costin and David Phipps. Racing Sports Car Chassis Design / 1961, 1965. – 360с.
10. Build Your Own Race Car [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.buildyourownracecar.com/race-car-chassis-basics-and-design/>
11. Space frame chassis design [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.pinterest.com/milestoneau/space-frame-chassis-design/?lp=true>
12. Гаспарянц, Г.А. Проектирование автомобилей / Г.А. Гаспарянц - М.: Машиностроение, 1978. – 406 с.

13. Черепанов, Л.А. Расчёт тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля. учебное пособие / сост. А.Л. Черепанов. – Тольятти, 2001. – 86 с.
10. Краткий автомобильный справочник / М. Транспорт 1984. – 56 с.
14. Гришкевич, А.И. Конструкция, конструирование и расчет автомобиля. учебное пособие / сост. А.И. Гришкевич – М., Высшая школа 1987. – 74 с.
15. Малкин, В.С. Конструкция и расчет автомобиля / В.С. Малкин. – КуАИ., 1978. – 376 с.
16. Лысов, М.И. Машиностроение / М.И. Лысов. – 2-е изд. 1972. – 344 с.
17. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля. учеб. пособие / Сост. Л.А. Черепанов. – Тольятти, ТолПИ, 2001. - 40 с.
18. Explore Pervasive Engineering Simulation [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.ansys.com/>
19. Factory five racing [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.factoryfive.com/roadster/challenge-car/design/>
20. Fred Puhn. How to make your car handle / 1981. – 328 с.
21. Капова, В.Г. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов специальности 190109.65 «Наземные транспортно-технологические средства» / В.Г. Капова. – ТГУ. – Тольятти. 2017. - 50 с.
22. Электронный дискаунтер [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.citilink.ru/>
23. Медицинская информационная сеть [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.medicinform.net/human/fisiology2\\_2.htm](http://www.medicinform.net/human/fisiology2_2.htm)
24. Постановление правительства Российской Федерации: о пожарной безопасности от 13 февраля 1997 года. – N 18-7 2002. – 30с.

25. Справочная система [Электронный ресурс] Режим доступа:  
<http://www.cntd.ru/>

26. Электронный фонд [Электронный ресурс] Режим доступа:  
<http://docs.cntd.ru/document/1200040973>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спецификация

Инд. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № дробл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Спроб. №	Перв. поимен.	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
							Изм.	Лист	№ док-м.				
											<i>Документация</i>		
							A1			18.ДП.01.215.61.00.000 СБ	Сборочный чертеж		
											<i>Сборочные единицы</i>		
									1	18.ДП.01.215.61.00.001СБ	Опора передняя нижняя левая в сд.	1	
									2	18.ДП.01.215.61.00.002СБ	Опора передняя нижняя правая в сд.	1	
									3	18.ДП.01.215.61.00.003СБ	Опора передняя верхняя левая в сд.	1	
									4	18.ДП.01.215.61.00.004СБ	Опора передняя верхняя правая в сд.	1	
									5	18.ДП.01.215.61.00.005СБ	Опора передняя верхняя левая в сд.	1	
									6	18.ДП.01.215.61.00.006СБ	Опора передняя верхняя правая в сд.	1	
									7	18.ДП.01.215.61.00.007СБ	Опора передняя нижняя левая в сд.	1	
									8	18.ДП.01.215.61.00.008СБ	Опора передняя нижняя правая в сд.	1	
									9	18.ДП.01.215.61.00.009СБ	Опора задняя верхняя левая в сд.	1	
									10	18.ДП.01.215.61.00.010СБ	Опора задняя верхняя правая в сд.	1	
									11	18.ДП.01.215.61.00.011СБ	Опора задняя нижняя левая в сд.	1	
										18.ДП.01.215.61.00.000			
										<b>Каркас в сборе</b>			
										ТГУ, АТ-1301В			
										Копировал <span style="float: right;">Формат А4</span>			

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		12	18.ДП.01.215.61.00.012СБ	Опора задняя нижняя правая в сд.	1	
		13	18.ДП.01.215.61.00.013СБ	Опора задняя верхняя левая в сд.	1	
		14	18.ДП.01.215.61.00.014СБ	Опора задняя верхняя правая в сд.	1	
		15	18.ДП.01.215.61.00.015СБ	Опора задняя левая дополнительная в сд.	1	
		16	18.ДП.01.215.61.00.016СБ	Опора задняя правая дополнительная в сд.	1	
		17	18.ДП.01.215.61.00.017СБ	Опора задняя нижняя левая в сд.	1	
		18	18.ДП.01.215.61.00.018СБ	Опора задняя нижняя правая в сд.	1	
				<u>Детали</u>		
		19	18.ДП.01.215.61.019	Дуга главная	1	
		20	18.ДП.01.215.61.020	Дуга передняя	1	
		21	18.ДП.01.215.61.021	Распорка	2	
		22	18.ДП.01.215.61.022	Труба	2	
		23	18.ДП.01.215.61.023	Распорка	2	
		24	18.ДП.01.215.61.024	Труба	2	
		25	18.ДП.01.215.61.025	Стойка	2	
		26	18.ДП.01.215.61.026	Распорка	2	
		27	18.ДП.01.215.61.027	Боковина	2	
		28	18.ДП.01.215.61.028	Усилитель	2	
		29	18.ДП.01.215.61.029	Стойка	2	
		30	18.ДП.01.215.61.030	Труба	2	
		31	18.ДП.01.215.61.031	Распорка	2	
		32	18.ДП.01.215.61.032	Труба передняя	2	
		33	18.ДП.01.215.61.033	Распорка	2	
				<b>18.ДП.01.215.61.00.000</b>		
						/лист 2
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата		
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата		

Копировал

Формат А4

