

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Институт «Политехнический»
Факультет «Автотракторный»
Кафедра «Автомобильный транспорт»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой
_____ /Ю.В. Рождественский/
_____ 2018 г.

Адаптация стандартов безопасности в проекте «Формула студент»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2018.037.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
_____ /К.В. Глемба/
_____ 2018 г.

Автор проекта
студент группы П-410
_____ /А.А. Союстов/
_____ 2018 г.

Нормоконтролер,
к.т.н., доцент
_____ /Д.В. Астафьев/
_____ 2018 г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена Союстовым А. А. на тему «Адаптация стандартов безопасности в проекте «Формула студент»». Состоит из пояснительной записки 58 стр. машинописного текста, 32 ил., библиографического списка 20 наим., 11 плакатов ф. А1.

В данной выпускной квалификационной работе представлены основные принципы построения и компоновки болида класса «Формула студент». Рассмотрены все варианты, проходящие по регламенту соревнований. Далее были выбраны оптимальные варианты и решения. В итоге согласно анализу были предложены варианты оптимизации выбранной компоновки, для улучшения массы конструкции.

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. 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.

					<i>13.03.02.2018.037.00.ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Союстов</i>				<i>Адаптация стандартов безопасности в проекте «Формула студент»</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>	<i>Глемба</i>						5	57
<i>Н.контр.</i>	<i>Астафьев</i>				<i>ЮУрГУ (НИУ) Кафедра «АвТ»</i>			
<i>Чтв.</i>	<i>Рождественский</i>							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ И В АВТОСПОРТЕ.....	9
1.1 Стандарты	9
1.2 Анализ стандартов безопасности в автоспорте	14
1.3 Постановка проблемной ситуации в области стандартов безопасности на гоночных треках	17
1.3.1 Ситуации на треке.....	17
1.3.2 Повышение безопасности болида при эксплуатации.....	19
1.4 Вывод по первому разделу.....	20
2 ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ СИСТЕМ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БОЛИДОВ КЛАССА «ФОРМУЛА СТУДЕНТ»	21
2.1 Функционирование удерживающих систем.....	21
2.2 Параметры рамных и безрамных конструкций болидов	23
2.3 Методы улучшения конструкции рамы	31
2.4 Вывод по второму разделу.....	32
3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	34
3.1 Общие требования к раме болида	34
3.2 Общие конструктивные требования к монококу.....	42
3.3 Расчет пространственной рамы	44
3.4 Расчетная часть конструкции монокок.....	49
3.5 Вывод по третьему разделу.....	50
4 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА	50
4.1 Экономическая часть	50
4.2 Охрана труда.....	54
4.3 Вывод по четвертому разделу.....	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	57

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А Иллюстративный материал

Приложение Б Расчет пространственной рамы в программе Solid Works

					<i>13.03.02.2018.037.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат.</i>		7

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день ДТП, по данным статистики «Всемирной организации здравоохранения», занимают второе место в списке причин смертности людей. Первой являются болезни. Главным вопросом по-прежнему остается безопасность водителя и пассажиров в дорожном транспорте. Неуклонный рост мощности и скорости автомобиля, плотности движения автомобильных потоков значительно увеличивают вероятность аварийной ситуации. Чтобы обезопасить данный вид передвижения и защитить водителя и пассажиров разрабатываются и внедряются технические устройства безопасности. Таким образом появились ремни, а позднее, и подушки безопасности.

Рассматривая основные стандарты конструктивной безопасности, следует отметить, что даже современные автоматические системы элементов активной безопасности не справляются с большей частью ошибочных действий, допущенных водителем при управлении. Проблема повышения безопасности при управлении мобильными машинами человеком-оператором остается нерешенной и до сих пор, что подтверждается тенденцией неснижаемой статистики травматизма. Одним из способов улучшения системы БД, помимо этапов повышения профессиональных качеств человека-оператора и совершенствования элементов активной безопасности, является повышение эффективности работы элементов пассивной безопасности транспортных средств. Именно эта область является важной составляющей стратегии борьбы со смертностью и травматизмом при ДТП [1, 7].

					<i>13.03.02.2018.037.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат.</i>		8

1 АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ И В АВТОСПОРТЕ

1.1 Стандарты

Обеспечение безопасности — одно из важнейших требований, которые должны выполнять все, везде и всегда, так как любая деятельность потенциально опасна. Безопасность связана с риском (они взаимозависимы). Рассмотрим определения этих понятий, приведенные в стандартах [2, 3, 4].

Безопасность — отсутствие недопустимого риска [2, 3, 4].

Опасность — потенциальный источник возникновения ущерба [2, 3, 4].

Риск — эффект от неопределенности целей [4].

Исходя из вышперечисленных параметров безопасность выражается не в отсутствии риска, а только в отсутствии недопустимого риска. Стандарты «ГОСТ Р 51898–2002» и ISO/IEC 51:1999 определяют допустимый риск как «оптимальный баланс между безопасностью и требованиями, которым должны удовлетворять продукция, процесс или услуга, а также такими факторами, как выгодность для пользователя, эффективность затрат, обычаи и др.» [1, 2, 4-7]

Согласно статистике, порядка 80–85% всех дорожно-транспортных происшествий приходятся на долю автомобилей. Именно поэтому автопроизводители, при разработке конструкции авто, уделяют максимум внимания его безопасности – ведь от безопасности отдельно взятого автомобиля напрямую зависит и общая безопасность движения на дорогах. Необходимо предусматривать весь спектр потенциально опасных ситуаций, в которые теоретически может попасть автомобиль, а зависят они от множества различных факторов [6].

					<i>13.03.02.2018.037.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат.</i>		9

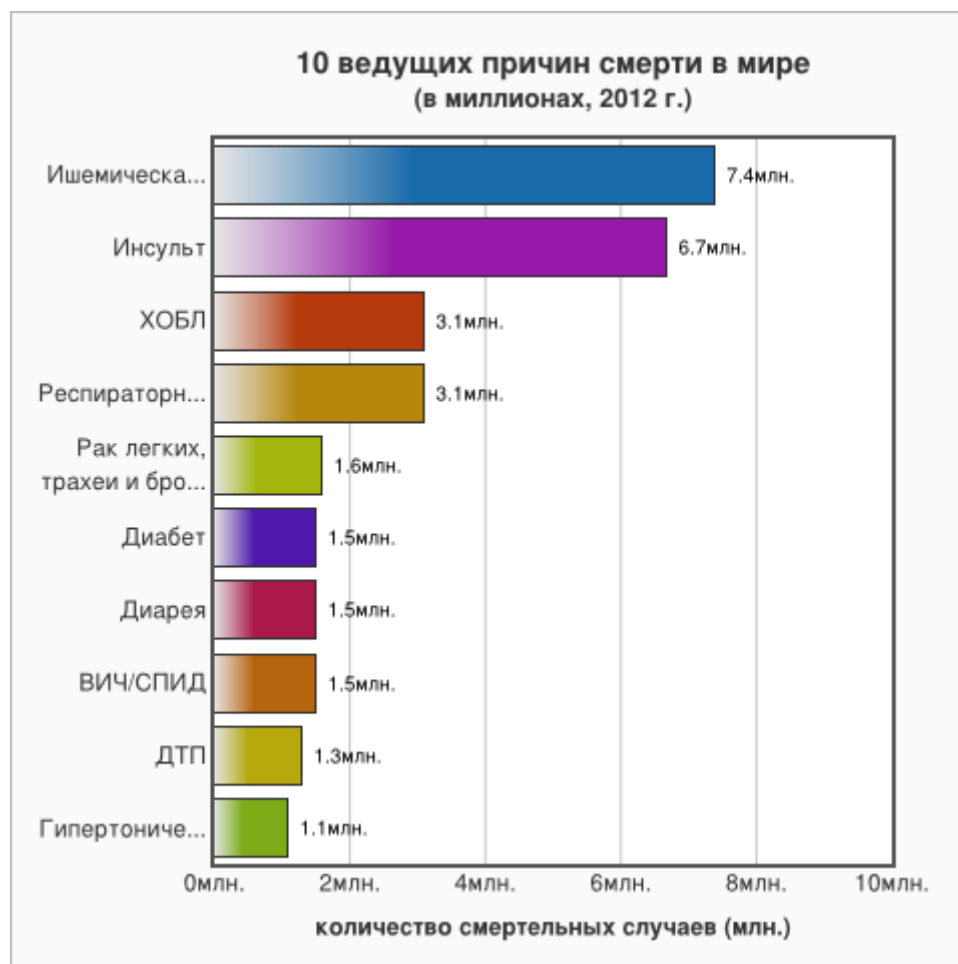


Рисунок 1.1 – Причины смерти в мире

Автомобильный транспорт является наиболее опасным из всех видов транспорта. На безопасность дорожного движения оказывает влияние большое число факторов. Для удобства изучения все эти факторы условно делят на четыре взаимосвязанные части (водитель, автомобиль, дорога, среда) и рассматривают как элементы единого комплекса (ВАДС). Обеспечить БДД или безопасность комплекса ВАДС — значит добиться минимально возможного числа ДТП и числа пострадавших в условиях автомобилизации: роста числа автомобилей и увеличения скоростей движения. Конечной целью обеспечения безопасности комплекса ВАДС является создание и эксплуатация высокоэффективных транспортных систем на основе рационального использования возможностей человека и технических средств с минимальным негативным воздействием последних. Конструктивная безопасность автомобиля представляет собой сложное его свойство. Для удобства изучения отдельных аспектов ее делят на активную,

пассивную, послеаварийную и экологическую. Активная безопасность автомобиля – свойство автомобиля предотвращать дорожно-транспортное происшествие (снижать вероятность его возникновения). Активная безопасность проявляется в период, соответствующий начальной фазе ДТП, когда водитель в состоянии изменить характер движения автомобиля [5]. АБ (активная безопасность) автомобиля – свойство автомобиля предотвращать дорожно-транспортное происшествие (снижать вероятность его возникновения). Активная безопасность проявляется в период, соответствующий начальной фазе ДТП, когда водитель в состоянии изменить характер движения автомобиля. Активную безопасность ТС определяют следующие его свойства:

- а) компоновочные параметры автомобиля (габаритные и весовые);
- б) тяговая динамичность;
- в) тормозные свойства;
- г) устойчивость;
- д) управляемость;
- е) информативность;
- ж) оборудование рабочего места водителя, его соответствие требованиям эргономики;
- з) надежность транспортных средств, их комплектующих и элементов оборудования, влияющих на вероятность возникновения ДТП.

Важными факторами активной безопасности автомобиля является обзорность дороги водителем через ветровое стекло и зеркала заднего вида, удобство размещения водителя на сиденье, защищенность его от вибраций и шума, характеристики микроклимата, доступность и удобство пользования органами управления, обзорность и информативность панели приборов, и многое другое (рисунок 1.1) [7].

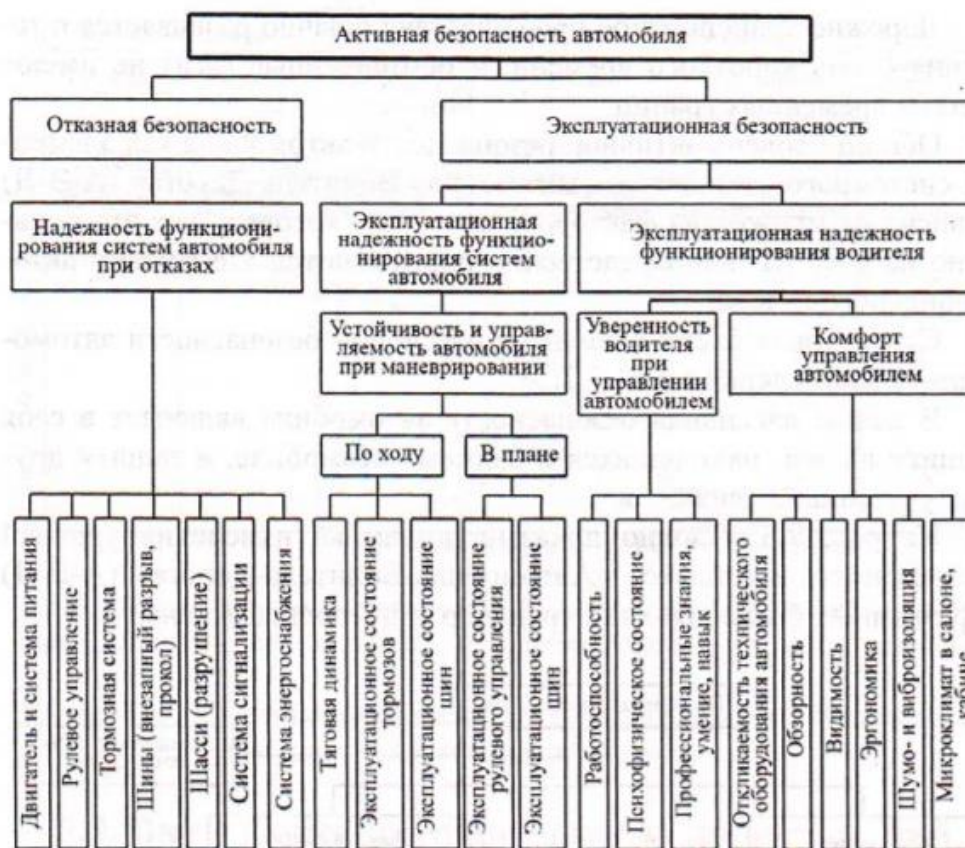


Рисунок 1.2 – Активная безопасность автомобиля

Пассивная безопасность автомобиля — свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий ДТП. Пассивная безопасность проявляется в период, когда водитель, несмотря на принятые меры безопасности, не может изменить характер движения автомобиля и предотвратить дорожно-транспортное происшествие (кульминационная фаза ДТП). Различают внутреннюю пассивную безопасность, снижающую травматизм пассажиров, водителя и обеспечивающую сохранность грузов, перевозимых автомобилем, и внешнюю безопасность, которая уменьшает возможность нанесения повреждений другим участникам движения. Послеаварийная безопасность автомобиля — свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий дорожно-транспортного происшествия после его остановки (конечная фаза ДТП). Это свойство характеризуется возможностью быстро ликвидировать последствия происшествия и предотвращать возникновение новых аварийных ситуаций.

Пассивная безопасность тесно взаимосвязана с послеаварийной безопасностью ТС и обычно их рассматривают совместно. Структурная схема элементов пассивной безопасности автомобиля представлена на рисунке 1.3 [7].



Рисунок 1.3 – Схема пассивной безопасности

Пассивная безопасность включает в себя множество элементов, и один из основных - ремень безопасности. Если пассажиры не пристегнуты, то очень маловероятно, что раскрывшиеся подушки безопасности спасут их. Вторым по значимости элементом пассивной безопасности является кузов автомобиля. Его передняя или задняя часть должны, сминаясь, максимально рассеять высвободившуюся энергию удара, а центральная часть кузова должна предоставить как можно больше места для выживания пассажирам автомобиля. Материалы салона должны быть не только приятными на ощупь и радовать глаз в случае необходимости они должны максимально смягчить удар. При этом они не должны растрескаться, чтобы своими осколками не нанесли дополнительные повреждения пассажирам. После удара бензобак автомобиля должен не воспламениться и не растрескаться, чтобы исключить разлив топлива по дороге.

Большое значение придается дверным проемам и замкам. Как показывает статистика ДТП, наиболее тяжелые травмы, часто не совместимые с жизнью, получают пассажиры, вывалившиеся в раскрывшиеся двери автомобиля. В то же время после ДТП замки и двери должны легко открыться без использования дополнительного оборудования для обеспечения быстрой и своевременной эвакуации находящихся в салоне людей. Сложенная из ряда факторов, зачастую противоречивых, пассивная безопасность служит достижению одной главной задачи - в случае ДТП, независимо от его тяжести, сделать все максимально возможное для сохранения жизни людей, находящихся в автомобиле. [6].

1.2 Анализ стандартов безопасности в автоспорте

Как и любой спорт, автоспорт, прежде всего, обеспечивает безопасностью участников и соревнующихся, а уже потом смотрит за временем круга или показателями машин и пилотов в той или иной дисциплине.

Не смотря на все технологии в области активной безопасности, в автоспорте на первом месте стоит пассивная безопасность. Рассматривая подробнее можно заметить, что главную роль играет конструкция кузова, а именно рама и каркас безопасности. Каркас безопасности — это некая конструкция из стальных труб, собранная внутри автомобиля и прикрепленная изнутри к кузову, которая должна сохранить жизненное пространство для экипажа автомобиля в случае аварии, а так же он используется для продольного усиления жесткости кузова.

Изначально каркасы безопасности применялись в раллийных гонках, но позже их применение стало обязательным и в других дисциплинах. Он делается только из круглых труб, т.к. скругленные бока менее травмоопасны. Клетка безопасности должна быть разработана и изготовлена так, чтобы, при правильной установке, она существенно уменьшала деформацию кузова и снижала риск получения травм лицами, находящимися внутри автомобиля. Важнейшие отличительные черты клетки безопасности – совершенная конструкция,

						13.03.02.2018.037.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дат.			14

разработанная для конкретного автомобиля, адекватный монтаж и тщательная подгонка к форме кузова [8].

Трубы не должны использоваться для транспортировки жидкостей. Клетка безопасности не должна создавать помех для входа или выхода первого и второго водителя. Элементы конструкции могут проходить через пассажирское пространство — сквозь отверстия в: приборной панели, передней боковой обивке, а также в задней боковой обивке и задних сиденьях [8].

В проекте «формула студент» рама болида выполняет две функции: осуществление безопасности пилота и сборка узлов конструкции автомобиля. Именно поэтому к данной части машины предъявлены особые критерии безопасности.

Особенностью соревнований класса «Формула Студент» является то, что команды могут выбрать и применить различные технические решения в конструкции своих болидов и данная особенность не обошла стороной несущие системы. Регламент соревнований [9] допускает разработку классической несущей системы в виде пространственной рамы согласно части T, либо разработку по части AFR (alternative frame rules). Этот факт обуславливает то, что команды прибегают к различным типам несущих систем в конструкции своих болидов и на сегодняшний день распространение получили не только пространственные металлические рамы, но и углепластиковые, а также листовые монококи из сотовых панелей и гибридные несущие системы. Каждый тип несущей системы обладает своими ключевыми преимуществами [10].

Выбор типа несущей системы обусловлен рядом факторов, вытекающих из требования общего характера, которые в свою очередь выходят из специфики назначения болида «Формула Студент» – участие в студенческих инженерных соревнованиях. В данных соревнованиях учитываются не только динамические характеристики разработанного болида, но и надежность, а также обоснование того или иного технического решения. Резюмируя выделить следующие свойства, которыми должна обладать несущая система спортивного автомобиля:

- а) низкая масса, дающая непосредственное преимущество в динамических показателях перед командами-конкурентами;
- б) высокая жесткость, оказывающая влияние на управляемость автомобиля и обеспечивающая минимальное рассогласование кинематических параметров подвески [10].

Для сохранения жизни пилота и соблюдения стандартов безопасности в соревнованиях формула студент был установлен международный регламент, соответствующий нормам безопасности. Рассмотрим раздел, касающийся рамы болида и основные его аспекты:

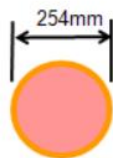
Поскольку точная конфигурация трубок не указана, это правило предназначено для ограничения размера объекта, который может попасть в водительское пространство.

AF6.1. Импактор определяется как круглый диск диаметром 254 мм (10 дюймов). Толщина соответствующая, но обычно будет составлять около 2 мм (0,080 дюйма) для процесса проверки.

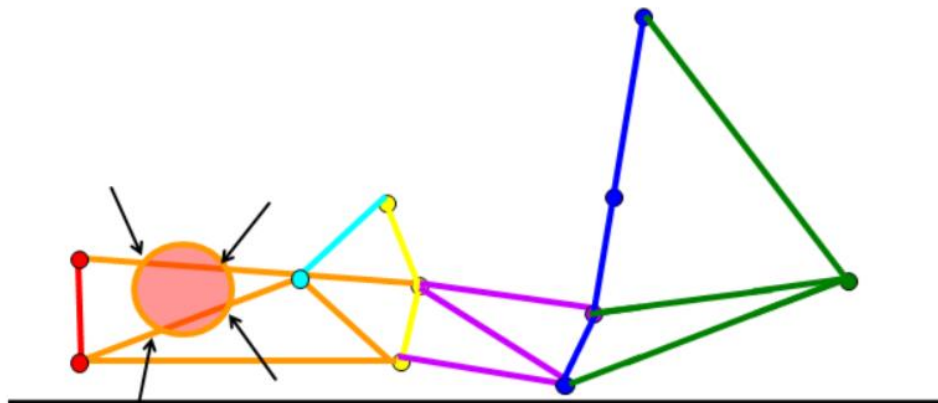
AF6.2. Первичная структура между передней перегородкой и основным обручем рулона не должна допускать, чтобы импактор мог проникнуть в основную структуру.

AF6.3. В любом месте конструкции, в которой ударный элемент пытается пройти, ударный элемент должен соприкоснуться со структурой как минимум в трех точках. Это требование не к отдельной проекции, а требования к полной 3-мерной заготовке (рисунок 1.4).

AF6.4. Импактор является трехмерным требованием. Он применяется ко всем сторонам структуры, включая спереди, сбоку, сверху, пол и сзади, исключая только открытие кабины. Если водитель полностью установленный перед основным кольцом, тогда это требование не применяется за основным обручем. Если водитель сидит частично или полностью позади основного кольца, тогда это требование распространяется до конца основные скобы. Требование к ударному воздействию не распространяется на отверстия или зазоры, которые полностью над плоскостью, параллельной и 350 мм над землей.



Impactor Check – must not be able to enter frame at any point between front bulkhead and main roll hoop – must contact three points of frame everywhere in side projection



«Проверка ударного элемента – не должен проходить в раму в любой точке. Должен соприкасаться в трех точках рамы в любом месте наружной защиты».

Рисунок 1.4 – Требования к полной 3х-мерной заготовке

1.3 Постановка проблемной ситуации в области стандартов безопасности на гоночных треках

1.3.1 Ситуации на треке

«Формула Студент» – это масштабное соревнование родом из США. Можно сказать, что началось оно с весёлых заездов на сделанных из газонокосилок багги, гонки на которых ради развлечения устроили студенты трех американских вузов. Это дело очень сильно понравилось профессору Хьюстонского университета Марку Маршеку. Вместе с Обществом Автомобильных Инженеров США он решил сделать активность более масштабной [11].

Прежде всего, формула студент это не коммерческий, а образовательный проект. Все участники команды (включая даже гонщиков) обязательно должны быть студентами. Во-вторых, непосредственно сама гонка – это лишь малая часть соревнований, во главу всего ставится инженерно-конструкторская составляющая.

Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дат.

13.03.02.2018.037.00.ПЗ

Лист

17

Ключевая идея здесь в том, что каждая команда – это конструкторское бюро, которое должно разработать, построить и испытать в ходе ряда тестов непрофессиональный автомобиль формульного типа [11].

Есть свод священных правил – технический регламент, от которого ни в коем случае нельзя отступать. Согласно ему, например, объем двигателя болида не может превышать 710 кубических сантиметров, определенным образом должны быть сконструированы рама и монокок, потребление воздуха ограничено рестриктором определенной площади и так далее. Сделано это не для того, чтобы усложнить жизнь студентам, а для того, чтобы создать условия максимальной безопасности для гонщиков. За четыре десятилетия существования «Формулы Студент» не было ни одного несчастного случая со смертельным исходом [11].

Гоночные автомобили, испытание их и процессы, которые связаны с ними являются опасными. Необходимо предпринимать активные действия против любого участника действующего опрометчиво или в противоречии безопасных методов и процедур, и регулярно напоминать каждому, что требуется только одна серьезная травма, чтобы получить постоянное исключение команды из проекта Формула Студент [12].

К сожалению не все виды спорта связанные с автомобилями так же безопасны. Статистика соревнований «Формула 1» только за 2018 год насчитывает около четырех аварий на трассе. Чемпионаты «Формулы-1» всегда были опасными для жизни пилотов и даже зрителей. За время существования «Формулы-1» погибли 47 пилотов, 33 из них погибли непосредственно в заездах чемпионата мира, ещё 10 погибли в тестовых заездах, а 5 пилотов погибли в гонках, не включённых в чемпионат мира (рисунки 1.5, 1.6) [13]. С увеличением возможностей машин, их показателей и усложнением трасс, формулу студент ждет участь всемирно известных соревнований. Уже сейчас мы можем наблюдать статистику увеличения аварийных ситуаций.

Пилот	Дата	Трасса	Команда	Гонка
Раймон Соммер	10 сентября 1950	Кадур	Cooper	Гран-при Верхней Гаронны 1950 года (незачётная гонка)
Шарль де Торнако	18 сентября 1953	Модена	Ferrari	Тесты
Альберто Аскарри	26 мая 1955	Монца	Ferrari	Тесты спорткара Ferrari 750 Monza
Эудженио Кастеллотти	14 марта 1957	Модена	Ferrari	Тесты
Айвор Бьюб	1 августа 1959	Клермон-Ферран	Cooper	Тесты
Жан Бера	1 августа 1959	АФУС	Porsche	Гонка поддержки
Гарри Шелл	13 мая 1960	Сильверстоун	Cooper	Международный приз BRDC (квалификация)
Джулио Кабянка	17 февраля 1961	Модена	Cooper	Тесты
Рикардо Родригес	1 ноября 1962	Магдалена Миксука	Lotus	Гран-при Мексики 1962 года (тренировка)
Гари Хокинг	21 декабря 1962	Ист-Лондон	Lotus	Гран-при Наталя (тренировка)
Боб Андерсон	14 августа 1967	Сильверстоун	Brabham ^[16]	Тесты
Джим Кларк	7 апреля 1968 ^[17]	Хоккенхаймринг	Lotus	Гонка «Формулы-2»
Майк Спенс	7 мая 1968	Indianapolis Motor Speedway	Lotus	500 миль Индианаполиса 1968 (тесты)
Брюс Макларен	2 июня 1970	Гудвуд	McLaren	Тесты
Йо Зифферт	24 октября 1971	Брэндс-Хэтч	BRM	Brands Hatch Victory Race (гонка)
Брайан Макгуайр	29 августа 1977	Брэндс-Хэтч	Williams	Тренировка
Патрик Делайе	1 августа 1980	Хоккенхаймринг	Alfa-Romeo	Тесты
Манфред Винкельхок	11 августа 1985 ^[18]	Mosport	Kremer Racing	Budweiser GT 1000 km
Штефан Беллоф	1 сентября 1985	Спа-Франкоршам	Brun Motorsport	1000 км Спа
Элио де Анджелис	15 мая 1986	Поль Рикар	Brabham	Тесты
Микеле Альборето	25 апреля 2001	Лаузитцринг	Audi Sport Team Joest	Тесты спортпрототипа Audi R8
Джастин Уилсон	24 августа 2015 ^[19]	Pocono Raceway	Andretti Autosport	Гонка IndyCar

Рисунок 1.5 – Гонщики, погибшие в результате аварии во время официальных тренировок, квалификаций и гонок

Пилот	Дата	Трасса	Команда	Гонка
Раймон Соммер	10 сентября 1950	Кадур	Cooper	Гран-при Верхней Гаронны 1950 года (незачётная гонка)
Шарль де Торнако	18 сентября 1953	Модена	Ferrari	Тесты
Альберто Аскарри	26 мая 1955	Монца	Ferrari	Тесты спорткара Ferrari 750 Monza
Эудженио Кастеллотти	14 марта 1957	Модена	Ferrari	Тесты
Айвор Бьюб	1 августа 1959	Клермон-Ферран	Cooper	Тесты
Жан Бера	1 августа 1959	АФУС	Porsche	Гонка поддержки
Гарри Шелл	13 мая 1960	Сильверстоун	Cooper	Международный приз BRDC (квалификация)
Джулио Кабянка	17 февраля 1961	Модена	Cooper	Тесты
Рикардо Родригес	1 ноября 1962	Магдалена Миксука	Lotus	Гран-при Мексики 1962 года (тренировка)
Гари Хокинг	21 декабря 1962	Ист-Лондон	Lotus	Гран-при Наталя (тренировка)
Боб Андерсон	14 августа 1967	Сильверстоун	Brabham ^[16]	Тесты
Джим Кларк	7 апреля 1968 ^[17]	Хоккенхаймринг	Lotus	Гонка «Формулы-2»
Майк Спенс	7 мая 1968	Indianapolis Motor Speedway	Lotus	500 миль Индианаполиса 1968 (тесты)
Брюс Макларен	2 июня 1970	Гудвуд	McLaren	Тесты
Йо Зифферт	24 октября 1971	Брэндс-Хэтч	BRM	Brands Hatch Victory Race (гонка)
Брайан Макгуайр	29 августа 1977	Брэндс-Хэтч	Williams	Тренировка
Патрик Делайе	1 августа 1980	Хоккенхаймринг	Alfa-Romeo	Тесты
Манфред Винкельхок	11 августа 1985 ^[18]	Mosport	Kremer Racing	Budweiser GT 1000 km
Штефан Беллоф	1 сентября 1985	Спа-Франкоршам	Brun Motorsport	1000 км Спа
Элио де Анджелис	15 мая 1986	Поль Рикар	Brabham	Тесты
Микеле Альборето	25 апреля 2001	Лаузитцринг	Audi Sport Team Joest	Тесты спортпрототипа Audi R8
Джастин Уилсон	24 августа 2015 ^[19]	Pocono Raceway	Andretti Autosport	Гонка IndyCar

Рисунок 1.6 – Гонщики, погибшие во время тестовых заездов, незачётных гонок «Формулы-1» и гонок других серий

1.3.2 Повышение безопасности болида при эксплуатации

После Гран-При Австралии в мире автоспорта начались споры по поводу необходимости что-то менять в связи с аварией Жака Вильнева и смерти маршала гонки. Влиятельное лицо в Формуле-1 Джеки Стюарт выступил с требованиями повышения безопасности трасс. Он заявил, что если жизнь и здоровье гонщиков прекрасно защищены, то безопасность маршалов гонки и зрителей совсем не так хорошо обеспечены. Стюарт предлагает окружить полотно трассы более высокими и надежными заборами [14].

Девять из десяти команд Формулы-1 голосуют против «гало». Многие нынешние гонщики Ф-1 категорически заявляют, что они против новой системы защиты головы пилота. Болельщики в соцсетях удрученно пишут, что переключатся на просмотр гонок IndyCar. Что в ответ делает Международная автомобильная федерация ФИА? В срочном порядке вводит «гало» в Формуле-1 в сезона-2018. Для начала вспомним, что это за система [15].

«Гало» (он же «нимб») — специальная конструкция, ограждающая кокпит автомобиля. Её задача – «отбивать» крупные предметы (в первую очередь колёса), летящие в шлем гонщика. При этом «гало» не должно мешать пилоту быстро покинуть машину и сильно ухудшать обзор. Эти требования диктуют внешний вид «нимба»: узкая, но максимально прочная центральная стойка, ещё два крепления по бокам и «обруч» сверху [15].

1.4 Вывод по первому разделу

Цель – повышение безопасности эксплуатации болида в нагрузочном режиме на треке с учетом особенностей реализации пассивной безопасности.

Для достижения цели рассмотреть ряд задач:

- а) изучить параметры рамных и безрамных болидов;
- б) проконтролировать испытание объектов;
- в) сделать расчет рамы автомобиля.



Рисунок 2.2 – Шеститочечные ремни безопасности

2.2 Параметры рамных и безрамных конструкций болидов

Еще одним немаловажным аспектом пассивной безопасности является рама болида или его шасси. Последние модели гоночных автомобилей класса «Формула 1» имеют безрамную конструкцию, что обеспечивает легкость конструкции в сборе и малый вес несущей системы. Ввиду последних событий, связанных с автоспортом можно заметить, что такое решение негативно влияет на безопасность пилотов Формулы.

Команда Формулы-1 Ferrari на предсезонных тестах в Барселоне первой опробовала совершенно новую защиту головы пилота, которая может стать обязательной уже в 2017 году. Специальную дугу безопасности, называемую halo («нимб») (рисунок 2.3), итальянский коллектив испытал на болиде Кими Райкконена [17].

В соревнованиях формулы студент есть несколько вариантов построения и разработки шасси. Первый вариант прост в разработке и наиболее безопасен. Это рамная конструкция. Второй вариант – конструкция шасси формата «Монокок». Вес последнего намного меньше чем первого, но в изготовлении и расчетах требует больше времени, труда и средств соответственно. Позже будут рассмотрены все плюсы и недостатки каждого из вариантов.

Как уже было сказано существует две, разрешенных регламентом соревнований, конструкций болидов класса «Формула студент». Одним из наиболее распространенных вариантов является рамная конструкция болидов.

Для определения наиболее подходящей конструкции с учетом безопасности необходимо прибегнуть к другим дисциплинам автоспорта. Рассмотрим ряд конструктивных решений по несущим системам гоночных автомобилей.

Одним из наиболее известных представителей из мира гоночных автомобилей являются гоночные болиды Формула-1. Это, наверное, самые дорогие по себестоимости изготовления, объему используемых ультрасовременных материалов, технологий и подходов к проектированию. Несущая система этих автомобилей представляет собой, как правило, пространственную сварную рамную конструкцию, либо композитную сложную конструкцию (рисунок 2.4) в виде монокока с навесными элементами, выполняющими функцию аэродинамических компонентов [18].

картером силового агрегата структуру. К подрамникам крепятся передняя и задняя подвески [18].

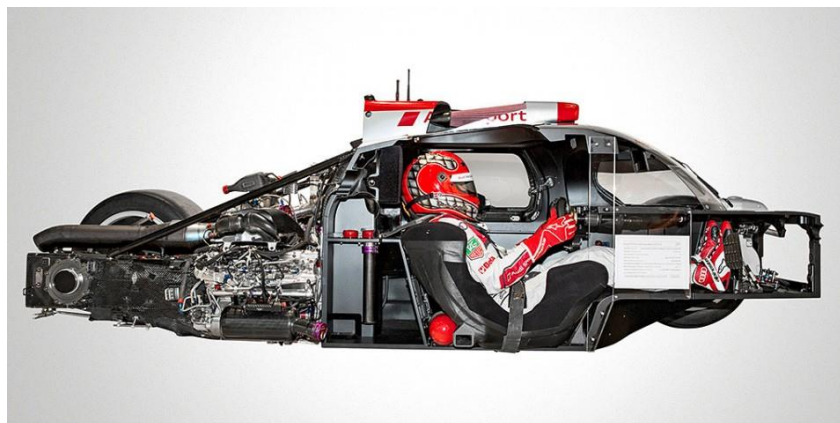


Рисунок 2.5 – Несущие системы болидов серии «Ле-ман»

Так же для гонок актуален и монокок (рисунок 2.6) как полностью несущая конструкция.



Рисунок 2.6 – Монокок, как полностью несущая конструкция

Чаще всего такие решения являются дорогими в реализации, так как такие шасси делаются из композитных материалов. Из плюсов – низкая масса и возможность наиболее полно учесть конструктив и компоновку гоночного болида.

Несмотря на известность рассмотренных выше конструкций несущих систем самых известных гоночных серий, наиболее массовым является класс гоночных

Баттинг начали использовать ещё в 70-х годах прошлого столетия на стальных рамах, когда появились технологии изготовления труб с разной толщиной стенок по её длине. Когда алюминиевые рамы вытеснили металлические их также стали изготавливать с применением баттинга (рисунок 2.11). Сейчас стальные рамы продолжают баттировать и они, как правило, высокого уровня, потому что этот процесс довольно дорогостоящий [19].

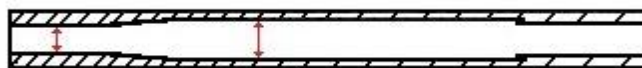


Рисунок 2.11 – Рама с применением баттинга

Баттинг может быть одинарным, когда только один конец трубы имеет изменённую толщину или двойным, когда оба конца изменены. Максимальное количество различных толщин по всей длине трубы может достигать трёх. Недостатком применения такой технологии для уменьшения веса является уязвимость рамы при ударах в местах с минимальной толщиной стенок трубы [19].

2.4 Вывод по второму разделу

На основании проведенного анализа конструктивных особенностей спортивных автомобилей в индустрии гонок, а также с учетом прошлого опыта команды Формула Студент и ограничений технического регламента соревнований, принято решение остановиться на следующей конструкции гоночного болида 2018 года: каркас представляет собой пространственную ферменную конструкцию, изготовленную из труб круглого сечения, образующих защитную область для гонщика и размещения основных узлов и агрегатов гоночного болида [18].

Решение было принято, исходя из соображений безопасности пилотов проекта «Формула студент», а так же с учетом регламента соревнований формула студент 2018ого года. Пространственная рама будет выполнена в виде фермы с

					<i>13.03.02.2018.037.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат.</i>		32

использованием сварных швов, что полностью соответствует заданным ранее параметрам.

Эскиз каркаса (пространственной рамы) болида представлен на рисунке 2.12

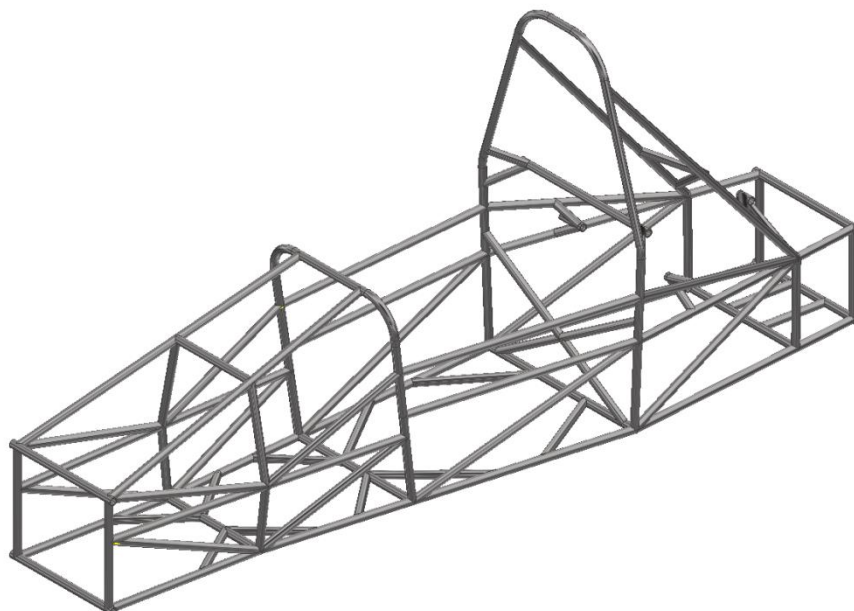


Рисунок 2.12 – Эскиз пространственной рамы



Рисунок 2.13 – Пространственная рама в процессе сборки

Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дат.

13.03.02.2018.037.00.ПЗ

Лист

33

3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Общие требования к раме болида

«Следующие определения применяются во всем тексте регламента:

- а) главная дуга – согнутая труба, расположенная на одном уровне или немного позади туловища водителя;
- б) передняя дуга – согнутая труба, расположенная над ногами (бедрами) водителя вблизи рулевого колеса;
- в) основные дуги – передняя и главная дуги;
- г) опоры распорок основных дуг – конструкция, идущая от нижнего конца распорок основных дуг к основным дугам;
- д) элемент рамы – минимальный типичный цельный (неразрезанный) участок трубы рамы;
- е) рама – сборная конструкция, поддерживающая все функциональные системы болида. Рама может состоять как из единой сварной конструкцией, так и из множества сварных конструкций, а также из комбинации комплексной и сварной конструкций;
- ж) Основная конструкция – Основная конструкция включает в себя следующие компоненты рамы:
 - а) главная дуга;
 - б) передняя дуга;
 - в) распорки основных дуг и их опоры;
 - г) боковые конструкции;
 - д) передняя перегородка;
 - е) опоры передней перегородки и
 - ж) все участки рамы, направляющие и опоры, которые передают нагрузку от поддерживающей водителя системы к узлам (а–е).

з) главные компоненты рамы – та часть рамы, которая расположена в пространстве, образованном несущей конструкцией. Верхняя часть главной дуги и распорки этой дуги не считаются частью этого пространства;

и) передняя перегородка – плоская конструкция, определяющая переднюю плоскость главных компонентов рамы; выполняет функцию защиты ног водителя;

к) деформируемый элемент – устройство, поддающееся деформации и поглощающее энергию удара. Расположено спереди от Передней перегородки;

л) зоны бокового удара – область сбоку от машины, простирающаяся по вертикали от днища машины до высоты 350 мм (13.8 дюймов) над землей и по длине от передней дуги до главной дуги;

м) межузловая триангуляция – расположение элементов рамы, спроецированное на плоскость, где нагрузка на ту же плоскость, прикладываемая в любом направлении, на любой узел, даёт только усиление натяжения или усиление сжатия в элементах рамы. Также это называется «правильной треугольной сеткой» (рисунок 3.1).

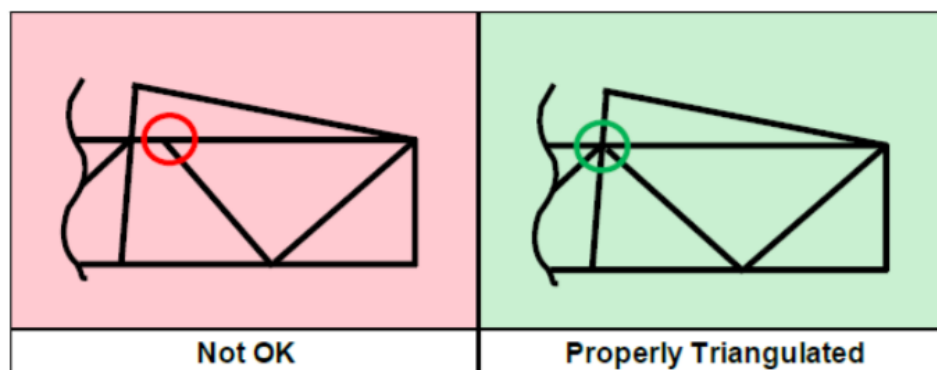


Рисунок 3.1 – Межузловая триангуляция

Требования, предъявляемые к конструкционным материалам

Каркас гоночного болида должен изготавливаться из стальных углеродистых или легированных труб круглого сечения или иных, разрешенных техническим регламентом материалов.

а) минимальное расстояние между шлемом и прямой линией, проведенной через верхнюю точку главной дуги и верхнюю точку передней дуги должно составлять 50.8мм (2 дюйма) (рисунок 3.2);

б) минимальное расстояние между шлемом и прямой линией проведенной через верхнюю точку главной дуги и нижнее основание распорок главной дуги когда последняя расположена сзади от главной дуги должно составлять 50.8мм (2 дюйма) (рисунок 3.3);

в) шлем не должен касаться или пересекать плоскость, определяемую главной дугой при условии, что распорки главной дуги расположены спереди от нее (рисунок 3.4).

Размеры шаблона 95-ого перцентиля человека.

Плоский шаблон, представляющий 95-ый перцентиль человека изготавливается по следующим размерам:

- а) бедра и ягодицы представляет круг диаметром 200мм (7.87 дюймов);
- б) плечи и область шеи представляет круг диаметром 200мм (7.87 дюймов);
- в) голову (со шлемов) представляет круг диаметром 300мм (11.81 дюймов);
- г) центры 200-миллиметровых кругов соединяются прямой линией длиной 490мм (19.29 дюймов);
- д) центры верхнего 200-миллиметрового круга и 300-миллиметрового круга соединяются прямой линией длиной 280мм (11.02 дюйма).

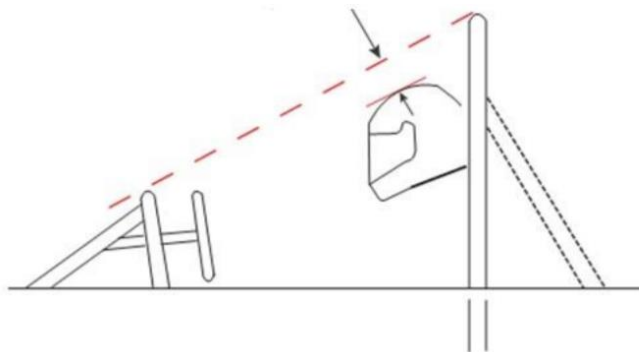


Рисунок 3.2 – Минимальное расстояние между шлемом и прямой линией, проведенной через верхнюю точку главной дуги и верхнюю точку передней дуги

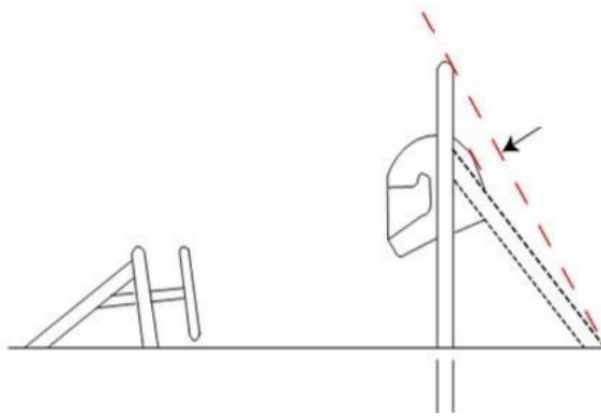


Рисунок 3.3 – Минимальное расстояние между шлемом и прямой линией проведенной через верхнюю точку главной дуги и нижнее основание распорок главной дуги когда последняя расположена сзади от главной дуги

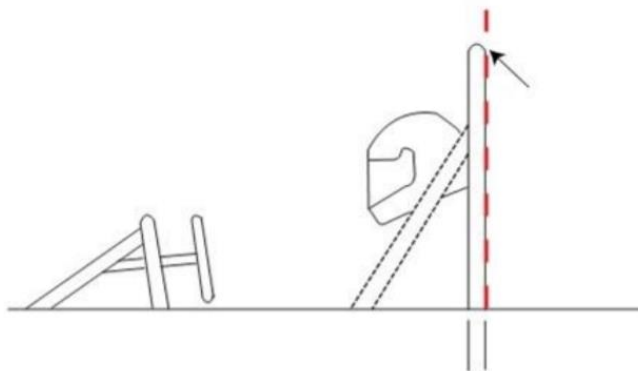


Рисунок 3.4 – Положение шлема при условии, что распорки главной дуги расположены спереди от главной дуги

г) шаблон 95-ого перцентиля человека следует располагать, как показано ниже (рисунок 3.5):

- а) сиденье должно быть максимально наклонено назад;
- б) педали должны располагаться в самой передней точки;
- в) нижний 200 миллиметровый (бёдра и ягодицы) круг должен располагаться на сиденье таким образом, что расстояние между центром этого круга и задней плоскостью педалей составляет как минимум 915 мм (36 дюймов);
- г) средний 200 миллиметровый круг (плечи), должен лежать на спинке сиденья;

Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дат.

13.03.02.2018.037.00.ПЗ

Лист

38

д) верхний 300-миллиметровый круг (голова и шлем) должен располагаться не дальше чем 25.4мм (1 дюйм) от подголовника сиденья (то есть там, где должен быть расположен шлем водителя при управлении автомобилем).

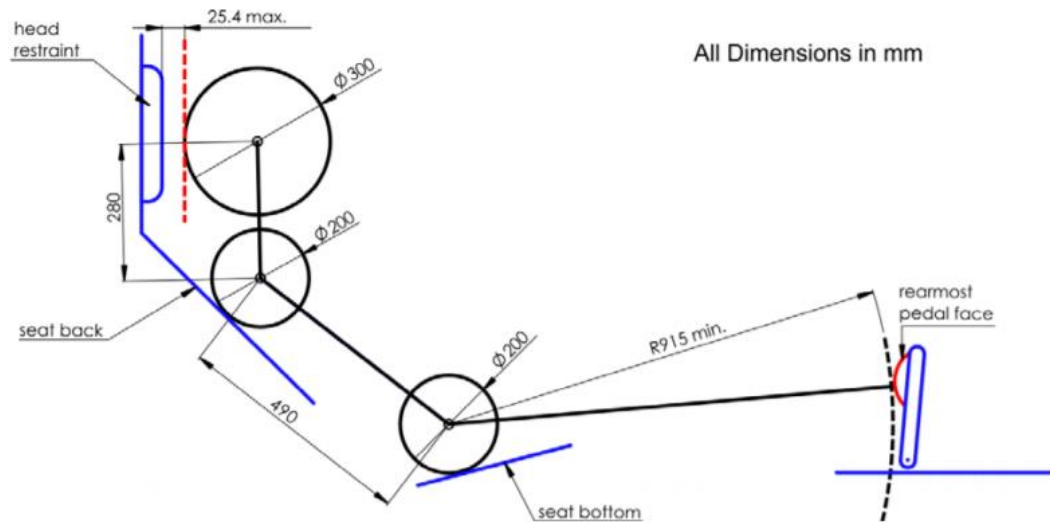


Рисунок 3.5 – Расположение шаблонового 95-ого процентиля человека

д) если требования не выполняются по отношению к шаблону 95-ого процентиля человека, то автомобиль не получает наклейку прохождения технической инспекции и не допускается до участия в динамических дисциплинах;

е) водители, у которых не выполняется условие относительно расстояния до шлема, не допускаются к управлению автомобилем на соревнованиях;

ж) распорки главной дуги должны присоединяться к главной дуге как можно выше, но не ниже чем 160мм (6.3 дюйма) от поверхности, проходящей через верх главной дуги. Острый угол образованный главной дугой и распорками главной дуги составлять не менее 30 градусов (рисунок 3.5);

з) распорки передней дуги должны присоединяться к передней дуге как можно выше, но не ниже чем 50,8мм (2 дюйма) от поверхности, проходящей через верх передней дуги (рисунок 3.5).

а) верхняя труба боковой защитной структуры должна соединять главную и переднюю дуги на высоте от 300мм (11.8 дюймов) до 350мм (13.8 дюймов) над уровнем земли при наличии в автомобиле водителя весом 77кг (170 фунтов) на положенном ему месте. В качестве данной трубы может быть использован верхний лонжерон, если он отвечает требованиям по высоте, толщине стенки и внешнему диаметру труб;

б) нижняя труба боковой защитной структуры должна соединять нижнюю часть главной дуги и нижнюю часть передней дуги. В качестве данной трубы может использоваться нижний лонжерон/участок рамы, если он отвечает требованиям по толщине стенки и внешнему диаметру;

в) диагональная труба боковой защитной структуры должна соединять верхнюю и нижнюю трубы боковой защитной структуры спереди главной дуги и сзади передней дуги.

Проем кокпита

Для того, что бы убедиться, что доступ в кокпит, обеспечиваемый проемом, достаточного размера, через проем кокпита должен быть протаснен шаблон, показанный на рисунке 3.7. Он должен держаться горизонтально и опускаться по вертикальной линии, пока он не опустится ниже верхней трубы боковой защитной конструкции (или пока не достигнет высоты 350мм (13.8 дюймов) над уровнем земли для автомобилей с монококом). Продольное перемещение шаблона будет разрешено во время его опускания.

					<i>13.03.02.2018.037.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат.</i>		41

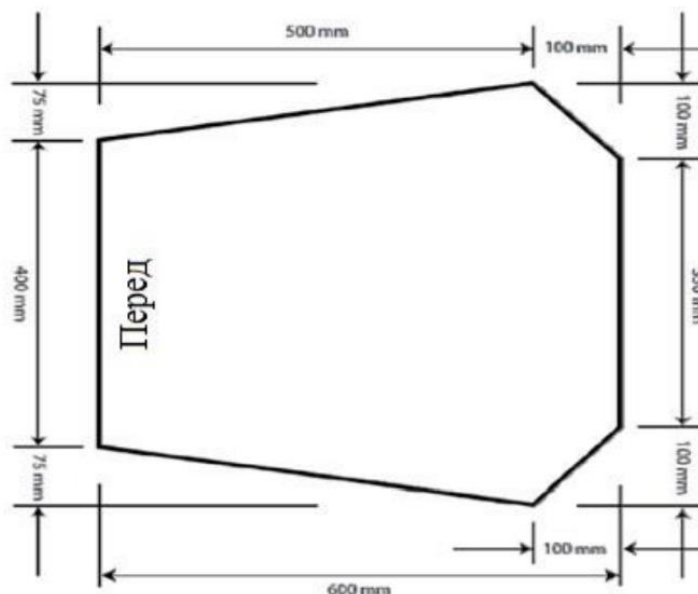


Рисунок 3.7 – Шаблон

Во время этого теста рулевое колесо, рулевая колонка, сидение и прочее наполнение может быть снято. Рычаг или устройство переключения передач нельзя снимать, если только эти компоненты не составляют единое целое с рулевым колесом. В таком случае они снимаются вместе с рулевым колесом. Огнеупорная стенка не должна передвигаться или сниматься».

3.2 Общие конструктивные требования к монококу

В случае выбора конструкции исполнения защитного каркаса в виде монокока должно быть доказано, что она эквивалентна сварной раме по таким параметрам, как прочность, надежность, поглощаемая в результате аварии энергия и иные. При этом необходимо сформировать описательную часть, в которую включается информация и типе материала, его массовых показателях, составных компонентах композитного материала, ориентацию основных наполнительных волокон, количество слоев композитного материала и др. [18]

Дополнительно к описаниям прикладывают результаты испытаний образцов композитного материала (на срез и изгиб). [18]

Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дат.

13.03.02.2018.037.00.ПЗ

Лист

42

Очень важным требованием при использовании монокока становится требования к местам монтажа ремней безопасности гонщика. Они должны выдерживать растягивающую нагрузку величиной 13000 Н (для мест крепления паховых ремней – 6500 Н). [18]

Расчеты каркаса, необходимые со стороны технического регламента.

«Так как любое проектирование сопряжено с проведением инженерных расчетов, то не являются исключением и расчеты силового защитного каркаса гоночного болида Формула Студент.

Техническим регламентом определен ряд расчетных проверочных случаев, которые выполняются с применением современных инженерных программных средств или САЕ-систем. Большинство таких систем основаны на методе конечных элементов (МКЭ).»

Для правильной формулировки задач и расчетных случаев приняты определенные ограничения и постулаты, которые следует придерживаться при выполнении расчетов. [18]

При назначении силовых факторов и определении деформаций следует использовать принятую в техническом регламенте систему координат (рисунок 3.8). При этом условно приняты следующие направления осей:

- а) продольная ось (ось абсцисс или X);
- б) поперечная ось (ось ординат или Y);
- в) вертикальная ось (ось аппликат или Z).

Ниже будут описаны усилия расчетных случаев и возникающие при этом деформации.

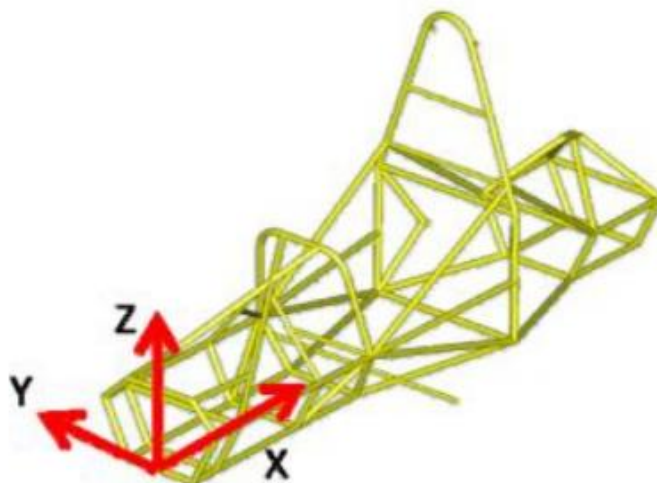


Рисунок 3.8 – Система координат

3.3 Расчет пространственной рамы

Нагрузки имитируют аварийные ситуации, такие как, боковой удар, фронтальной удар, опрокидывание. Оценка проводилась согласно регламенту FS – максимально допустимое отклонение 25мм.

Расчет прочностных характеристик производился при помощи программы "SolidWorks Simulation".

По результатам расчетов характеристик прочности спроектированной рамы болида, команды FESU, согласно установленному регламенту, были получены результаты эпюр перемещений и запаса прочности, согласно которым, спроектированная конструкция полностью соответствует регламенту FS и обеспечит безопасность пилота при аварийных ситуациях.

Сведем все расчетные случаи для проверки прочности защитного силового каркаса гоночного болида Формула Студент в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Расчетные случаи для проверки прочности защитного силового каркаса гоночного болида Формула Студент

Анализируемый узел	Прикладываемая нагрузка	Зоны приложения нагрузки	Требования к результатам расчета
Главная дуга, распорки, поддержки распорок и передняя дуга	$F_x = 6000 \text{ Н}$ $F_y = 5000 \text{ Н}$ $F_z = -9000 \text{ Н}$	Верхняя часть главной дуги	max допустимая деформация: 25 мм Отсутствие разрушений каркаса
Боковая защитная конструкция	$F_x = 0 \text{ Н}$ $F_y = 7000 \text{ Н}$ $F_z = 0 \text{ Н}$	Нагрузка прикладывается в сторону гонщика ко всем элементам между передней и главной дугами	
Передняя балка и ее опоры	$F_x = 120000 \text{ Н}$ $F_y = 0 \text{ Н}$ $F_z = 0 \text{ Н}$	Места крепления в районе передней балки	
Крепление плечевого ремня	$F = 7000 \text{ Н}$	Места крепления ремней безопасности	
Передняя балка и опора передней балки вне оси	$F_x = 120000 \text{ Н}$ $F_y = 10500 \text{ Н}$ $F_z = 0 \text{ Н}$	В центре передней балки	

Примеры проведенных испытаний приведены ниже.

Приложенная нагрузка: $F_x = 6.0 \text{ кН}$ (рисунок 3.9).

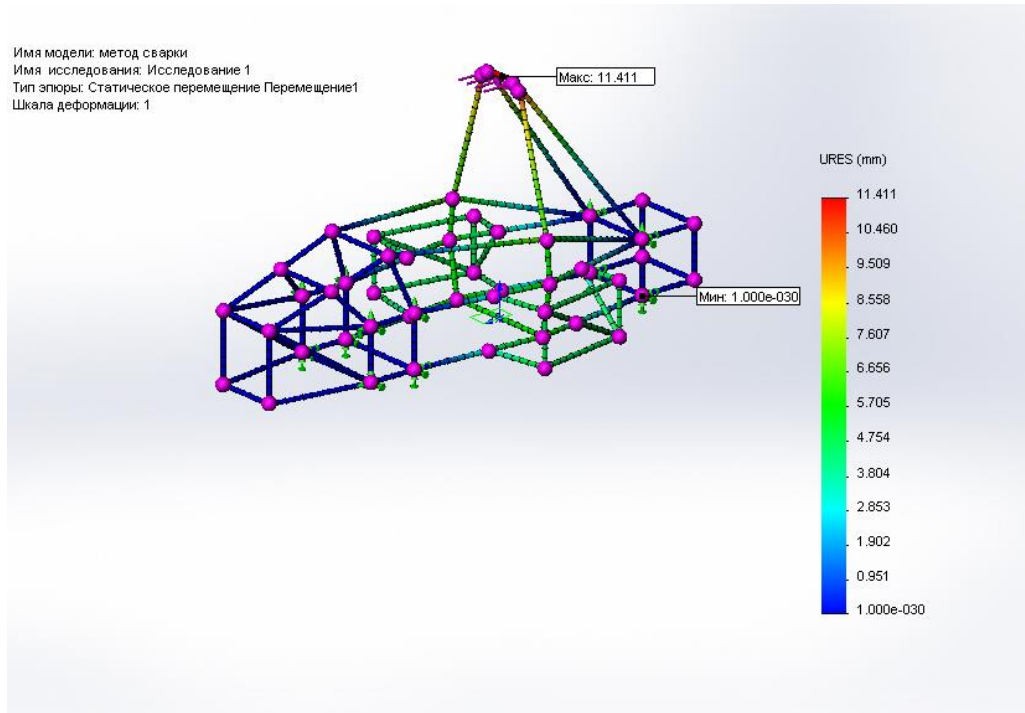


Рисунок 3.9 – Нагрузка на главную дугу 6 кН по оси X

Приложенная нагрузка: $F_y=5.0$ кН (рисунок 3.10).

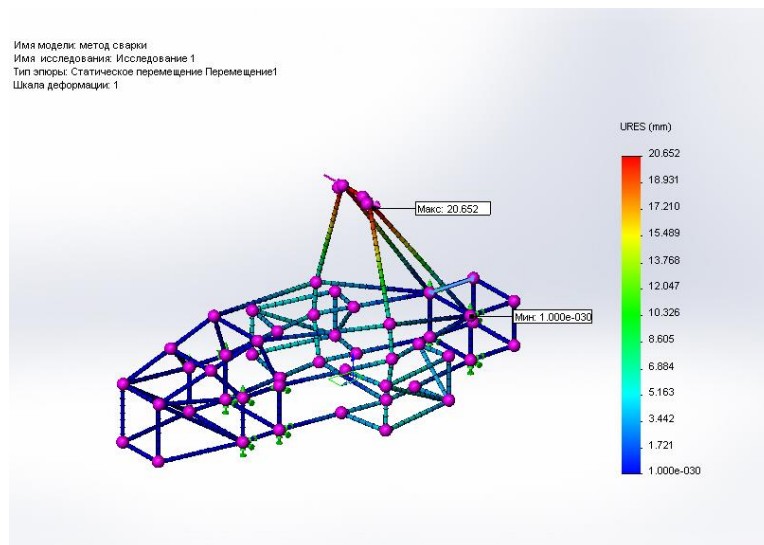


Рисунок 3.10 – Нагрузка на главную дугу 5 кН по оси Y

Приложенная нагрузка: $F_z=9.0$ кН (рисунок 3.11).

Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дат.

13.03.02.2018.037.00.ПЗ

Лист

46

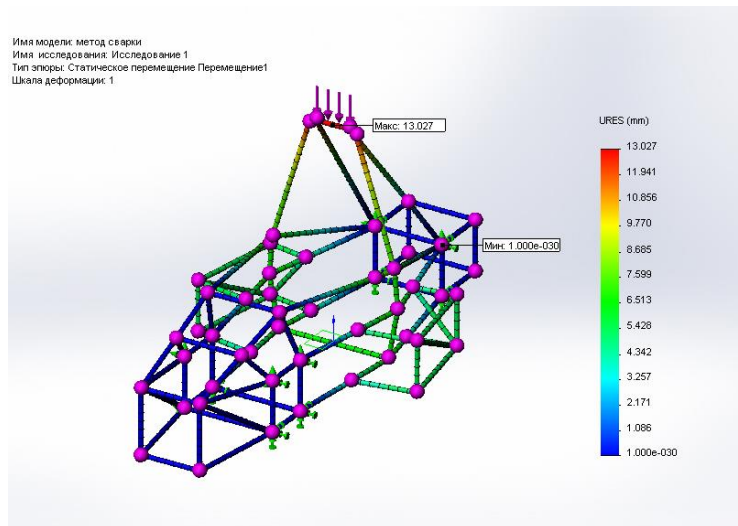


Рисунок 3.11 – Нагрузка на главную дугу 9 кН по оси Z

Приложенная нагрузка: $F_x = 6.0$ кН (Рисунок. 3.12).

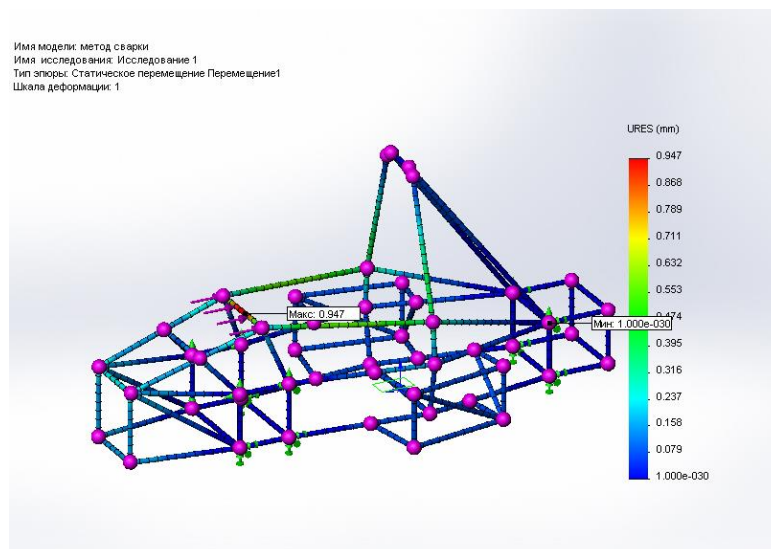


Рисунок 3.12 – Нагрузка на переднюю дугу 6 кН по оси X

Приложенная нагрузка: $F_y = 5.0$ кН (Рисунок 3.13).

Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дат.
------	------	----------	-------	------

13.03.02.2018.037.00.ПЗ

Лист

47

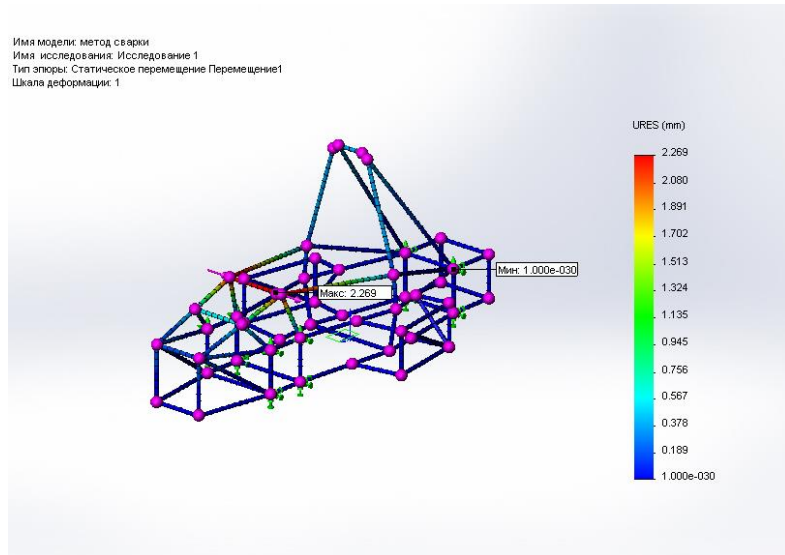


Рисунок 3.13 – Нагрузка на переднюю дугу 5 кН по оси Y

Приложенная нагрузка: $F_z=9.0$ кН (Рисунок 3.14).

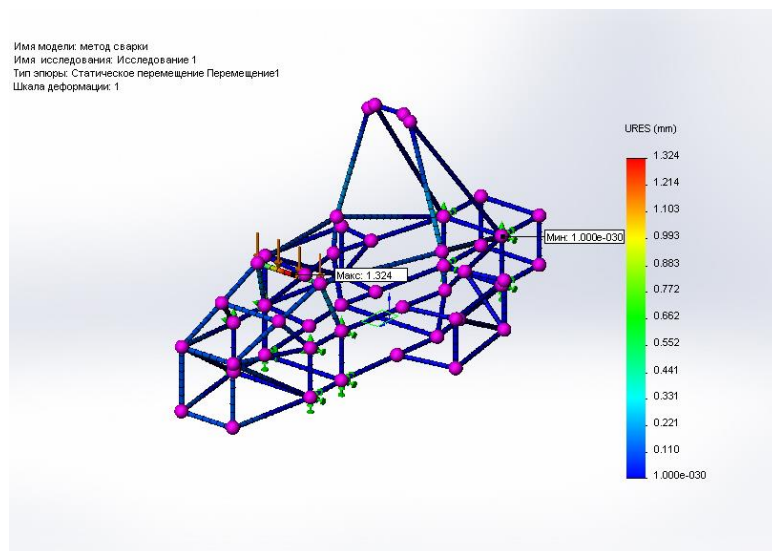


Рисунок 3.14 – Нагрузка на переднюю дугу 9 кН по оси Z

Из результатов, полученных в ходе испытаний можно сделать вывод, что данная конструкция полностью подходит для соревнований, так как приложенные нагрузки не оказывают влияние, противоречащие регламенту.

«Расчетная модель каркаса зафиксирована в зоне установки элементов ходовой части

По результатам расчета максимальная деформация основных защитных элементов каркаса составила $21,1 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$ — условие жесткости выполнено. Максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в конструкции не превысили 300 МПа.

По результатам расчета максимальная деформация передней дуги каркаса составила $7,1 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$ — условие жесткости выполнено. Максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в конструкции не превысили 300 МПа.

По результатам расчета максимальная деформация основных защитных элементов каркаса составила $8,2 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$ — условие жесткости выполнено. Максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в конструкции не превысили 300 МПа.

По результатам расчета максимальная деформация основных защитных элементов каркаса составила $1,2 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$ — условие жесткости выполнено. Максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в конструкции не превысили 300 МПа.»

3.4 Расчетная часть конструкции монокок

Для расчета и анализа прочности болида, построенного на основе конструкции «монокок» проанализируем статью Ботцельмана (Botzelmann), посвященной технологии изготовления карбонового монокока гоночного автомобиля формулы студент.

Как видно по рисунку 3.12 видно насколько сильно данное решение подвержено нагрузкам. Красными зонами программа Solid Works выделяет зоны, которые по напряжению материала опасны для формы болида. Данная техника проходит по регламенту, но рассуждать о безопасности пилота не приходится.

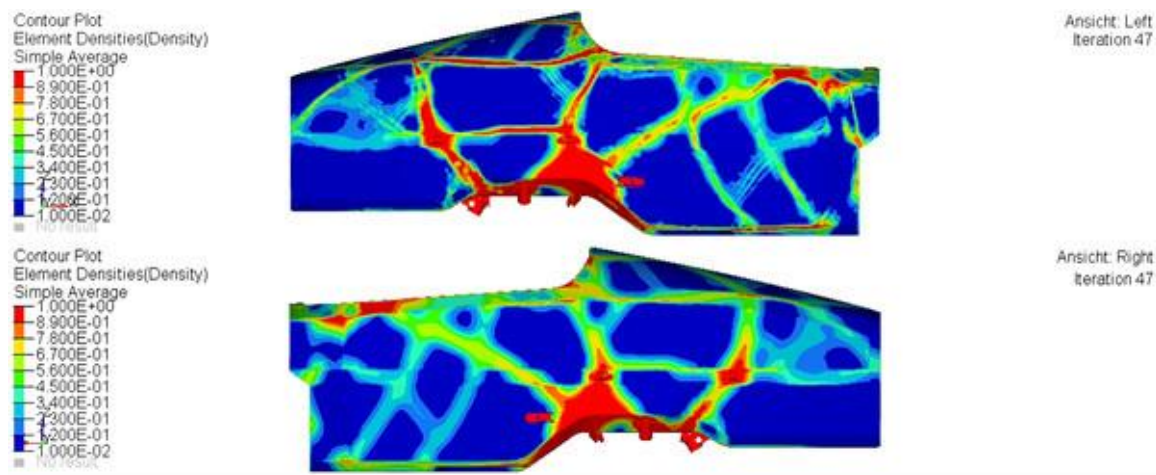


Рис. 3.12 – Симуляция нагрузок для монокока

Зоны, подверженные нагрузкам превышают 20% всего покрытия монокока.

Данное решение выигрывает по весу у рамной конструкции. В облегчении рамы поможет технология баттинга, которая была рассмотрена во второй главе.

Баттинг (butting) - это конструктивное ухищрение, позволяющее уменьшить вес конструкции (в частности, из труб), не потеряв прочности. Нагрузка на каждую деталь конструкции распределяется по ее длине [19].

3.5 Вывод по третьему разделу

Рассмотрены и проанализированы расчеты конструкция монокок и рамы. Решение было принято в пользу рамной конструкции из убеждений надежности и безопасности пилота.

Недостатки рамной конструкции оправданы ее надежностью. Были сделаны все необходимые расчеты, подходящие под регламент соревнований «Формула Студент».

Далее было представлено решение по минимизации недостатков рамной конструкции, а в частности – вес.

4 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТА

4.1 Экономическая часть

В качестве базового узла в данном проекте рассматривается каркас гоночного болида «Формула Студент» 2016 года. В качестве проектного варианта рассматривается тот же каркас, но имеющий оптимизированную массу и прочность. Оптимизация каркаса гоночного болида при работе над новой машиной 2017 года позволяет при равнопрочности по сравнению с базовым вариантом получить меньшую массу за счет выполнения оптимизации балок трубчатого сечения по толщине [18].

На соревнованиях «Формула студент» так же как и сама машина, оценивается и бизнес план, предназначенный для реализации мелкой серии машин подобного класса. Главной задачей в этой дисциплине является экономическое обоснование проекта и расчёт его экономической эффективности. Далее представлен пример данного аспекта соревнований:

Исходные данные:

- а) Цена автомобиля – 1 750 000 руб;
- б) стоимость производства одного автомобиля – 1 062 600руб;
- в) объем производства – 100 шт;
- г) ожидаемая прибыль – 68 640 000 руб.

Таблица 4.1 – Система заработной платы:

Наименование	Количество	Зарплата (руб.)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Генеральный директор	1	132 891,7
Маркетинг		
Директор по маркетингу	1	65 176,98
Менеджер по продажам	1	33 277,86
Бизнес планировщик	1	33 163,68
Специалист по маркетингу	1	28 341,06
Финансы		

Продолжение таблицы 4.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Бухгалтер	1	29 917,14
Экономист	1	27 311,46
Отдел кадров		
Руководитель отдела кадров	1	28 612,98
Администрация		
Пилот	2	33 484,44
Уборщик	2	28 228,2
Сторож	2	32 169,72
Производство		
Технический директор	1	74 172,12
Сварщик	6	200 471
Монтажник	6	181 122,5
Механик	6	173 396,5
Инженер	8	108 733,7
Специалист по композитным материалам	8	33 874,9
Электрик	4	121 804,3
Дизайнер	1	3 1561,86

Всего (в год): 20 431 034 руб.

Уходит в себестоимость: 204 310,3 руб.

Таблица 4.2 – Стоимость оборудования

Наименование	Количество	Стоимость (руб.)	Долговечность
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Станок с ЧПУ	2	660 000	20

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
Сварочный аппарат	2	19 800	21
Сварочный стол	1	290 400	20
Трубогибочный станок	1	145 200	17
Лазерная резка	2	765 600	22
Клепальный аппарат	2	198 000	19
Поршневой компрессор	2	19 800	9
Стол для работы	4	198 000	23
Шиномонтажный станок	1	99 000	15
Станок для балансировки колес	1	99 000	17
Покрасочная камера	1	2 376 000	20

Таблица 4.3 – Амортизация

Наименование	Ка (%)	Отчисления (руб.)
Станок с ЧПУ	0,05	33 000
Сварочный аппарат	0,047	930,6
Сварочный стол	0,05	14 520
Трубогибочный станок	0,045	6 534
Лазерная резка	0,058	44 404,8
Клепальный аппарат	0,052	10 296
Поршневой компрессор	0,11	2 178
Стол для работы	0,043	8 514
Шиномонтажный станок	0,067	6 633
Станок для балансировки колес	0,059	5 841
Покрасочная камера	0,05	118 800

«Итог по амортизации: 251 651,4 руб».

«Расчет арендной платы производственного помещения площадью 402 м²» .

«Стоимость 1 м² : 500 рублей».

					<i>13.03.02.2018.037.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ Докум.	Подп.	Дат.		53

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выпускной квалификационной работы были рассмотрены основные методы анализа и выбора пространственной рамы, ее компоновки и построения. Было обращено внимание на историю проектирования гоночных болидов в автоспорте.

Сделанные расчеты детально отображают достоинства и недостатки каждого из представленных на рассмотрение вариантов. Были получены оптимальные характеристики, подходящие по регламенту соревнований «Формула студент».

В результате выполнения выпускной квалификационной работы, цель (повышение надежности болидов класса «Формула студент» путем усовершенствования пассивной безопасности) была достигнута.

Проверка на антиплагиат составила _____ оригинального текста.

Руководитель _____ К.В. Глемба

Обучающийся _____ А.А. Союстов

					<i>13.03.02.2018.037.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат.</i>		56

20) <https://velomasterclass.ru/batting-v-velosipedostroeni>.

21) <https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/477/1/>.

					<i>13.03.02.2018.037.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ Докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат.</i>		58