

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

Оптимизация каркаса болида класса «Формула студент»

Студент

А.М. Васякин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.В. Еремина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

М.И. Фесина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Капрова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Н.В. Яценко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заместитель ректора-
директор института
машиностроения

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ »

20 17 г.

Тольятти 2017

Аннотация

Настоящий дипломный проект посвящен оптимизации каркаса гоночного болида класса «Формула Студент» 2017. Проект «Формула Студент» уже несколько лет успешно выполняется студенческими командами Тольяттинского Государственного Университета.

Одной из важнейших задач для команды студентов, разрабатывающих гоночный болид в 2017 году, является разработка легкого и прочного каркаса. В связи с этим выбранная тема выпускной квалификационной работы, связанная с оптимизацией каркаса гоночного болида является весьма актуальной и важной.

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.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки объемом 99 листов, включая 22 таблицы и графической части объемом 10 листов формата А1 и 2 листов формата А4.

Annotation

This graduation project is devoted to optimizing the frame of a racing car of the Formula Student class of 2017. The Formula Student project has been successfully carried out by student teams of Togliatti State University for several years.

One of the most important tasks for the team of students developing a racing car in 2017 is the development of an light and durable framework. In this regard, the selected topic of the final qualifying work related to the optimization of the frame of a racing car is very relevant and important.

In the 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.

Also, the project proposes activities aimed at ensuring the 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 skeleton of a racing car were made.

The final qualification work consists of an explanatory note in the volume of 99 sheets, including 22 tables and a graphic part with the volume of 10 sheets of A1 format and 2 sheets of A4 format.

Содержание

Введение.....	7
1 Состояние вопроса.....	8
1.1 Назначение каркаса.....	8
1.2 Требования, предъявляемые к конструкции каркаса (кузова).....	9
1.3 Система классификации каркасов.....	10
1.4 Обзор конструктивных решений каркасов гоночных автомобилей.....	11
1.5 Конструкция каркаса гоночного болида «Формула Студент».....	19
2 Защита интеллектуальной собственности.....	20
3 Конструкторская часть.....	20
3.1 Определение тягово-динамических свойств.....	20
3.1.1 Исходные данные.....	20
3.1.2 Определение базовых показателей тягово-динамического расчёта.....	22
3.1.3 Определение параметров для оценки дорожного сопротивления.....	23
3.1.4 Расчёт тягово-динамических показателей.....	24
3.2 Законодательные требования к конструкции защитного каркаса.....	25
3.2.1 Общеупотребительные положения.....	25
3.2.2 Формулировки и термины.....	25
3.2.3 Требования, предъявляемые к конструкционным материалам.....	26
3.2.4 Требования к конструктивным элементам силового каркаса.....	27
3.2.5 Общие конструктивные требования к монококу.....	35
3.2.6 Расчёты каркаса, необходимые со стороны технического регламента.....	35
3.2.7 Расчетные случаи для проверки прочности силового каркаса.....	36
4 Исследовательская часть.....	38
4.1 Анализ прочности каркаса гоночного болида Formula Student.....	38
4.1.1 Описание расчетной модели каркаса.....	38
4.1.2 Оптимизация силового каркаса.....	39
4.1.3 Анализ собственных частот и форм колебаний каркаса.....	39
4.1.4 Анализ прочности основных защитных элементов.....	41
4.2 Выводы по исследовательскому разделу.....	43
5 Безопасность и экологичность технического объекта.....	45
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.....	45
5.1.1 Конструктивная характеристика каркаса гоночного болида.....	45
5.1.2 Технологическая и организационно-техническая характеристика технического объекта.....	46
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	48
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	49
5.3.1 ОВПФ на участке сварки каркаса.....	49
5.3.2 Электрический ток и статическое электричество.....	50
5.3.3 Химические воздействия.....	51

5.3.4	Производственный шум и ультразвук	53
5.3.5	Тяжесть труда	54
5.3.6	Вибрация	55
5.3.7	Организационно-технические мероприятия по устранению (снижению) негативного влияния ОВПФ на сварочном участке	56
5.3.7.1	Организационные мероприятия	56
5.3.7.2	Планировочные мероприятия	57
5.3.7.3	Технические мероприятия	59
5.3.7.4	Обеспечение электробезопасности на участке сварки.....	60
5.3.8	Инженерные расчёты	61
5.3.8.1	Расчет искусственного освещения	61
5.3.8.2	Расчёт механической вентиляции участка сварки.....	64
5.4	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта (участка сварки)	64
5.5	Обеспечение экологической безопасности на участке сварки	70
5.6	Заключение по разделу «Безопасность и экологичность».....	72
6	Эффективность проекта	74
6.1	Определение себестоимости каркаса гоночного болида	75
6.1.1	Исходные данные	75
6.1.2	Определение статьи затрат «Сырье и материалы»	75
6.1.3	Определение статьи затрат «Покупные изделия и полуфабрикаты».....	76
6.1.4	Определение статьи затрат «Основная заработная плата»	77
6.1.5	Определение статьи затрат «Дополнительная заработная плата» ..	78
6.1.6	Определение статьи затрат «Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС» ..	78
6.1.7	Определение статьи затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования»	79
6.1.8	Определение статьи затрат «Накладные затраты»	79
6.1.9	Определение статьи затрат «Расходы на инструмент и оснастку» ..	79
6.1.10	Определение себестоимости каркаса болида	80
6.1.11	Определение отпускной цены для базового и проектируемого каркасов.....	80
6.2	Определение точки безубыточности проекта	81
6.3	Определение эффективности проекта	81
6.3.1	Определение налогооблагаемой прибыли	82
6.3.2	Определение налога на прибыль	82
6.3.3	Определение чистой прибыли	82
6.3.4	Определение экономии, получаемой в результате снижения материалоемкости	82
6.3.5	Определение текущего чистого дохода (накопленного сальдо)	83
6.3.6	Определение необходимости в капиталобразующих инвестициях.....	83
6.3.7	Определение чистого дисконтированного дохода	83
6.3.8	Определение индекса доходности	83

6.3.9	Определение срока окупаемости каркаса	84
6.4	Выводы по разделу.....	84
	Выводы	86
	Список литературы	87
	Приложения	89

Введение

Как известно, себестоимость изготовления рамных конструкций и кузовов в автомобилях может достигать половины от общей стоимости. Это, в свою очередь, связано с постоянным ужесточением нормативно-законодательных требований к безопасности автомобилей, повышением конкурентоспособности и снижением себестоимости изготовления.

Автомобильный кузов является своеобразным «скелетом» всего автомобиля и решает одновременно несколько задач: восприятие рабочей нагрузки (пассажиры и груз), защищает водителя и пассажиров от травм при возникновении аварийных ситуаций и т. д.

Таким образом проектирование каркасов и рам автомобилей можно отнести к весьма трудоемкой с точки зрения инженерно-технических затрат задачей, т. к. необходимо решать, порой, противоречивые задачи и требования. Особую роль при проектировании кузова или каркаса играет оптимизация его структуры с применением современных методов проектирования, в том числе — метод конечных элементов (МКЭ).

В случае с гоночными автомобилями (болидами) задача оптимизации каркаса принимает наиболее важное значение, т. к. экономия каждого килограмма и, даже, грамма материала позволяет получить наилучший результат в гонке.

Команда студентов в 2017 году проектирует гоночный болид с применением современных систем автоматизированного проектирования.

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является инженерный анализ каркаса гоночного болида «Формула Студент» 2017 Тольяттинского Государственного Университета с применением МКЭ, а также подготовка рекомендаций по снижению веса каркаса и повышению его прочности.

Состояние вопроса

Назначение каркаса

Рама (кузов или каркас) является базовым несущим элементом практически любого наземного колесного транспортного средства и предназначен для установки на нем всех узлов и агрегатов.

Каркас, как правило, используется в гоночных автомобилях (болидах), в автобусах и ряда других специальных автомобилях.

Каркас является самой крупногабаритной, дорогой и важной составляющей автомобиля, так как от его прочности и жесткости зависят такие важные показатели, как управляемость, безопасность, грузоподъемность и ряд других.

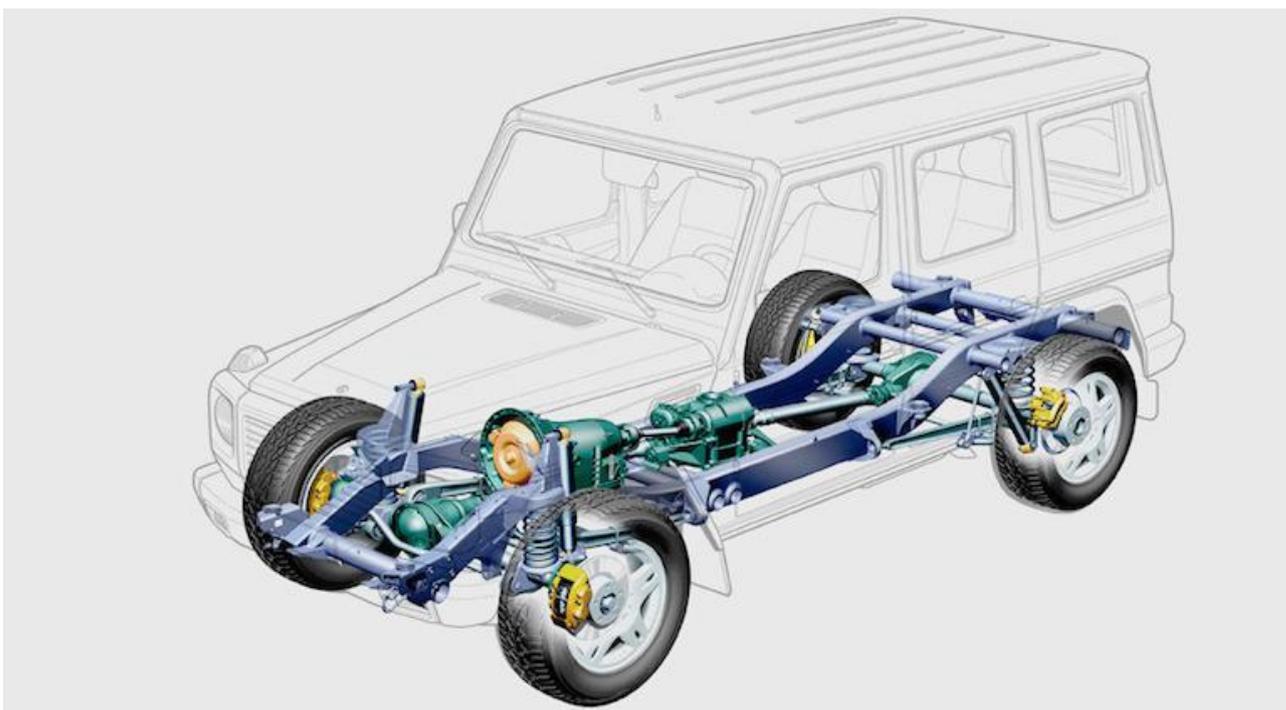


Рисунок 1 Рама автомобиля

Также, под автомобильной рамой понимают разновидность несущей системы балочной конструкции, который в настоящее время используется на легковых автомобилях повышенной проходимости, некоторых моделях спортивных автомобилей и грузовых автомобилях [1].

Требования, предъявляемые к конструкции каркаса (кузова)

Каркас (кузов) автомобиля, являясь одним из самых важных его составных частей должен удовлетворять ряду различных требований. В зависимости от типа автомобиля к конструкции каркасов и кузовов (для грузовых автомобилей — рам) предъявляются, в свою очередь, еще и специфические требования. В итоге все основные требования по типам автомобилей можно представить следующим образом:

- 1) грузовые автомобили;
 - производительность, основанная на несущей способности рамы или каркаса;
 - тип кузова (бортовая платформа, самосвал, цистерна и т. д.);
 - габаритные размеры;
 - внешний вид и эргономика кабины;
- 2) автобусы:
 - производительность (пассажировместимость);
 - тип кузова и компоновки;
 - конструкция пассажирского и багажного отделений;
- 3) легковые автомобили:
 - комфорт пассажиров;
 - класс легкового автомобиля;
 - минимизация массы;
- 4) общие:
 - соответствие конструкции каркаса (кузова) назначению;
 - долговечность и надежность конструкции каркаса или рамы;
 - экономичность и масса (минимизация массы при обеспечении соответствующей жесткости и прочности);
 - пассивная безопасность каркаса (кузова или рамы);
 - экологичность материалов, из которых изготовлен каркас или кузов.

К гоночным автомобилям, как к особой категории транспортных средств предъявляются свои специфические требования:

- 1) соответствие конструкции заданному регламенту гоночной серии

- (Формула 1, Формула Студент и т. д.);
- 2) обеспечение безопасности гонщика и окружающих;
 - 3) минимальная масса;
 - 4) требования к конструкционным материалам, которые могут использоваться для изготовления каркаса;
 - 5) технологичность изготовления.

Система классификации каркасов

В настоящее время сформировалась система классификации рам, кузовов и каркасов автомобилей. При этом принято различать две разных функции этих основных компонент любого автомобиля: несущую и эстетическо-декоративную [2]. Система классификации несущих систем представлена на рис. 1.2.

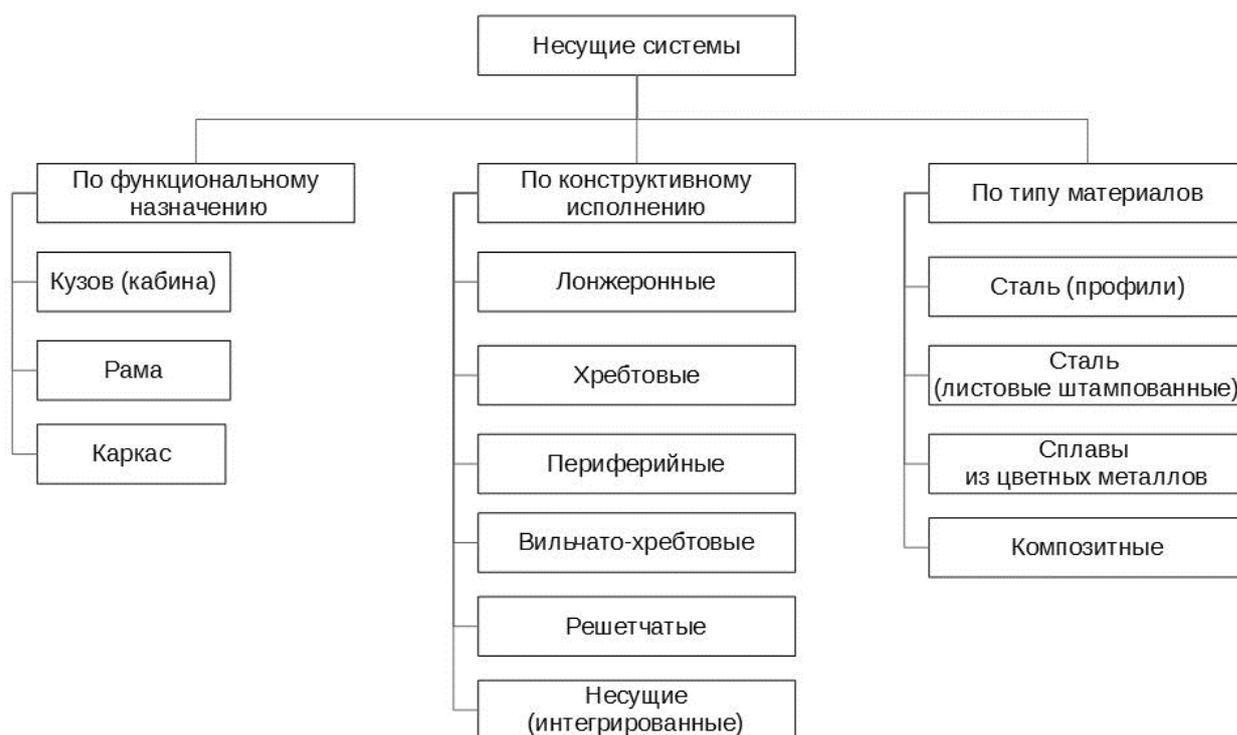


Рис. 2 Система классификации несущих конструкций

Для лонжеронных рамных конструкций характерно наличие нескольких поперечин, левого и правого продольного лонжеронов и кронштейнов для установки основных узлов и агрегатов. Конструкция основных силовых элементов таких рам различна (Х-образные, К-образные, трубчатые). При этом

лонжероны имеют меняющееся по длине поперечное сечение.

Для хребтовых рамных конструкций характерно наличие стержневой несущей системы и ряды присоединенных к ней вспомогательных рамных подсистем [1]. Стержневая центральная несущая система несет в себе функцию картера трансмиссионных компонентов. Наиболее ярким представителем таких рам являются грузовые автомобили «Татра».

Другой разновидностью рам являются вильчато-хребтовые. Им присуще наличие частей, визуально напоминающих «вилку». Основным их отличием от хребтовых рам является отдельное расположение картеров трансмиссии.

Разновидностью лонжеронных рам является периферийная рамная конструкция. Основным отличием от них является расширение средней части рамы. Это позволяет, например, компоновочно расположить уровень пола ниже, чем в лонжеронной раме.

Решетчатые рамные конструкции (каркасы) представляют собой пространственно-развитые или трубчатые конструкции. В качестве основных компонентов таких рам применяют стальные или алюминиевые трубы различного поперечного сечения. Такие рамы применяются для изготовления гоночных автомобилей и для изготовления различных подрамников.

Интегрированные в кузов рамные конструкции, как правило, схожи с решетчатыми рамами и они соединяются с кузовами за счет сварки. Такие несущие конструкции весьма простые, имеют невысокую стоимость и легко трансформируются на несколько модификаций транспортных средств.

Несущие кузова — это самый распространенный тип несущих конструкций и используются они в легковых автомобилях, легком коммерческом транспорте и ряде спортивных автомобилей [11].

Обзор конструктивных решений каркасов гоночных автомобилей

Все самые продвинутые и современные технологии в первую очередь апробируются в автоспорте.

Спортивные и гоночные машины — это, пожалуй, флагман всего автомобилестроения. При их разработке используется сплав передовых

технологий, конструкторских решений, современного инженерного программного обеспечения и самые новые материалы [8].

Рассмотрим ряд конструктивных решений по несущим системам гоночных автомобилей.

Одним из наиболее известных представителей из мира гоночных автомобилей являются гоночные болиды Формула-1 (рис. 1.3). Это, наверное, самые дорогие по себестоимости изготовления, объему используемых



Рис. 3 Гоночный болид Формула-1

ультрасовременных материалов, технологий и подходов к проектированию.

Несущая система этих автомобилей представляет собой, как правило пространственную сварную рамную конструкцию, либо композитную сложную конструкцию (рис. 1.4) в виде монокока с навесными элементами, выполняющими функцию аэродинамических компонентов.

Композитный монокок, являющийся основой всего автомобиля имеет локальные зоны для установки передней и задней подвески, силового агрегата, расположенного сзади и агрегатированного с коробкой передач и главной передачей. Монокок спроектирован таким образом, чтобы обеспечить защиту гонщика на высоких скоростях до 250 км/ч.

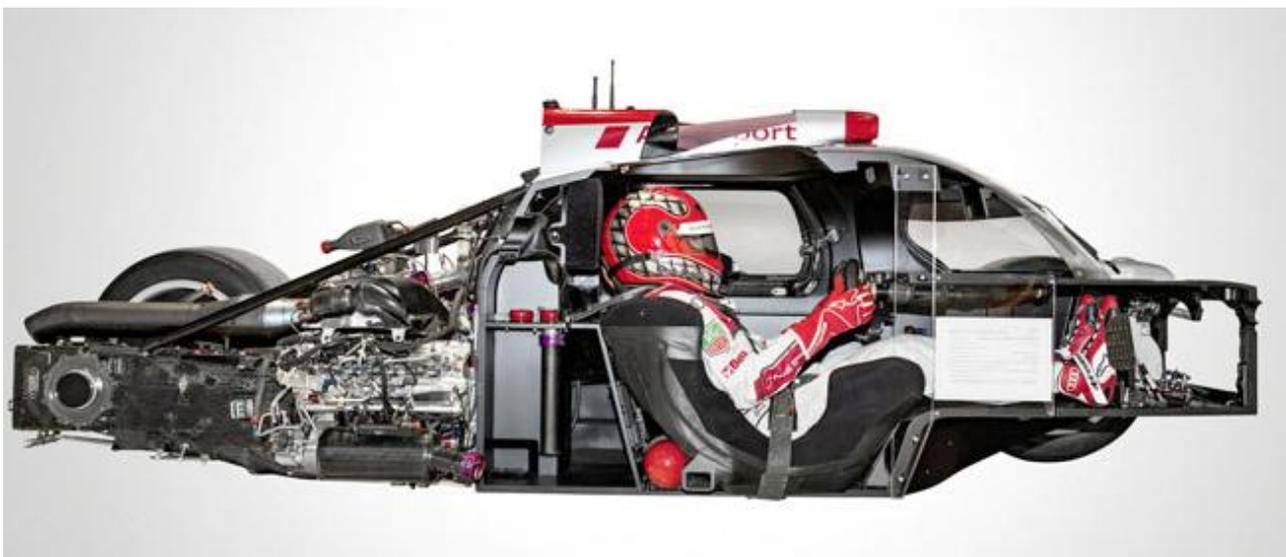


Рис. 5 Несущая система автомобилей LMP2

Существуют гоночные автомобили с полностью несущим монококом из композитного материала (рис. 1.6). Такие решения позволяют наиболее полностью учесть конструктив и компоновку гоночного болида, имеют низкую массу, но



Рис. 6 Гоночный болид с несущим монококом

они весьма дороги в изготовлении.

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

гоночных автомобилей с несущим пространственным каркасом. К представителям гоночных автомобилей с таким типом несущей системы можно отнести Формулу Студент, Формула Юниор, гоночные автомобили, участвующие в гонках Париж-Дакар и другие.

Рассмотрим конструкцию гоночных автомобилей, участвующих в длительных высоконагруженных гонках Париж-Дакар. Как правило, для гонок в этих соревнованиях используют глубоко модернизированные серийные автомобили. Например, гоночный автомобиль Митсубиси Паджеро (рис. 1.7), участвующий в этих гонках имеет интегрированный пространственный трубчатый каркас, проходящий от передней оси через весь кузов до задней оси. Использование такого дополнительного каркаса, не смотря на наличие собственной высокопрочной рамы, обусловлено экстремальными нагрузками при движении по пересеченной местности с большими скоростями (до 160 км/ч).



Рис. 7 Несущая система гоночного автомобиля Митсубиси Паджеро

Этот же встроенный силовой каркас играет роль защитной капсулы для гонщика и штурмана. При этом полезный объем салона значительно уменьшается. Несущая система изготовлена из высокоуглеродистой стали с применением труб круглого сечения и штампованных усилителей, приваренных в наиболее ответственных зонах.

В более младших и массовых гоночных сериях используют гоночные автомобили полностью имеющие пространственную рамную несущую систему. Одним из ярких представителей таких автомобилей является Формула Юниор (рис. 1.8).

Несущая система этих автомобилей выполняет роль рамы, защитного монокока и, частично, кузова. Она изготовлена из профилей круглого сечения, труб и усилителей. Изготавливается, как правило, из легированной стали. Диапазон набора типоразмеров и сечений минимизирован с целью унификации компонентов рамы и удешевления при одновременном соблюдении требований по безопасности, прочности и управляемости.

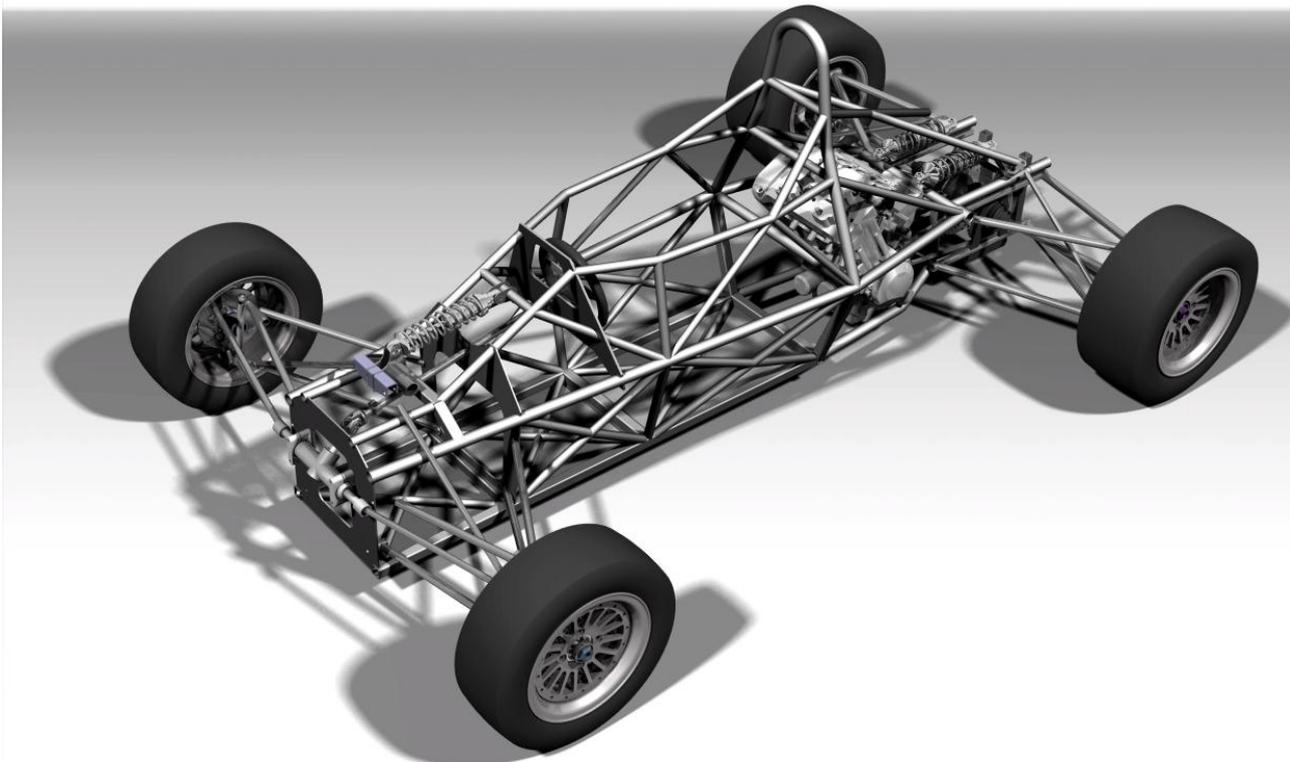


Рис. 8 Несущая система гоночного болида Формула Юниор

Очень интересным представителем подобным гоночных автомобилей, которые используются не только в соревнованиях, но и в повседневной жизни являются автомобили марки Катэрхем (рис. 1.9).

Этот изящный и красивый гоночный автомобиль снабжен осветительными приборами (фары, фонари) и другими системами, позволяющими использовать его на дорогах общего пользования. Но, тем не менее, это все же гоночный автомобиль.

Как видно из рисунка, гоночный болид имеет пространственную сварную несущую раму, к которой крепятся пластиковые элементы обвеса, пола, элементы подвески, силового агрегата и т. д.

Автомобиль имеет двухместную компоновочную схему со смещением центра тяжести назад, ближе к ведущим колесам.

Конструктивно рама изготовлена из высоколегированных стальных труб и имеет ярко выраженную ферменную конструкцию с применением триангуляции.



Рис. 9 Гоночный автомобиль марки Катэрхэм

Основными тенденциям развития несущих систем гоночных автомобилей являются в настоящее время активное применение современных легких и прочных материалов: углепластика, фиброволокон, кевлара, графена и т.д. (рис. 1.10). Такие конструкции имеют малую массу, высокую прочность, отличную компоновку. Это позволяет активно использовать замещенный

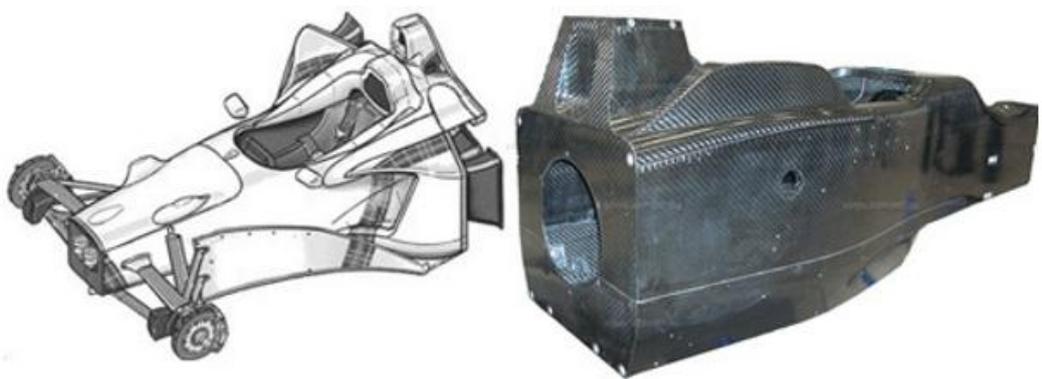


Рис. 10 Несущий каркас спортивного болида из кевлара выигрывает по массе для других узлов и агрегатов [10].

Конструкция каркаса гоночного болида «Формула Студент»

На основании выполненного анализа существующих конструктивных решений спортивных автомобилей в гоночной индустрии, а также с учетом прошлого опыта команды Формула Студент и ограничений технического регламента соревнований принято решение остановиться на следующей конструкции гоночного болида 2017 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.

Эскиз анализируемого и оптимизируемого в настоящей работе каркаса гоночного болида представлен на рис. 1.11.

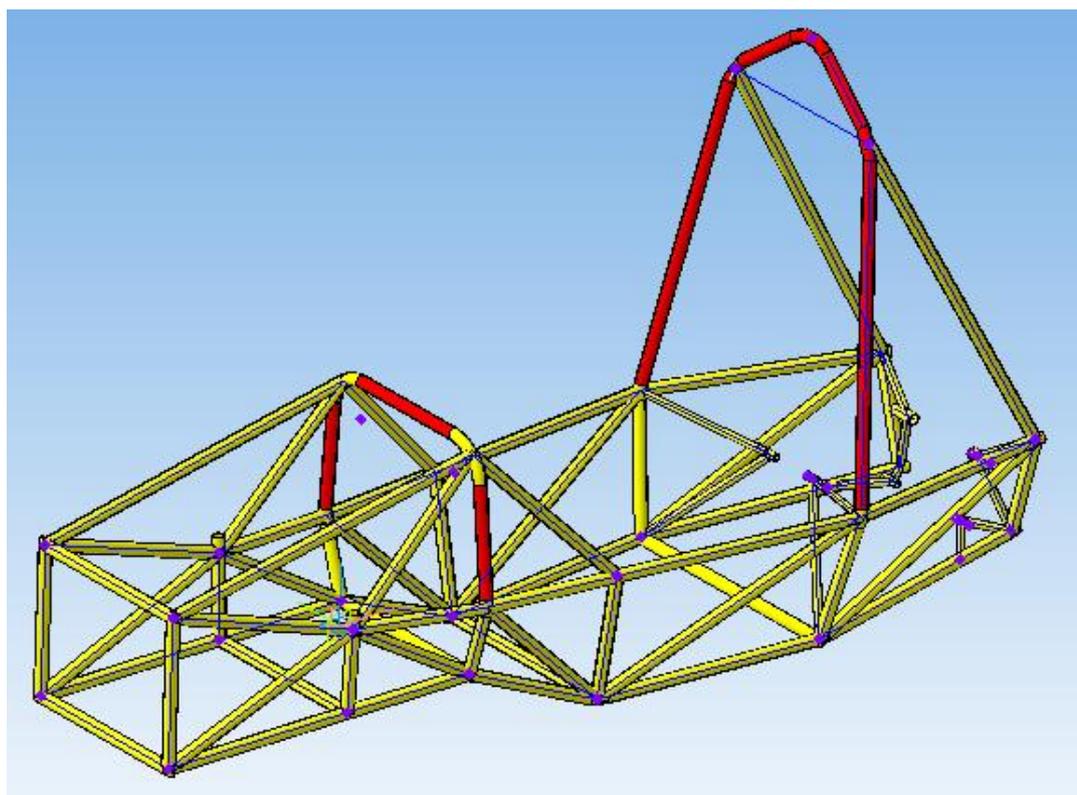


Рис. 11 Каркас гоночного болида «Формула Студент 2017»

Целью работы является выполнение исследования работы, направленной на получение оптимизированной конструкции каркаса гоночного болида, имеющего достаточную жесткость (не ниже жесткости каркаса прошлого года) при одновременном снижении его массы (на 5%...10%).

Защита интеллектуальной собственности

Данный раздел не предусмотрен в пояснительной записке настоящей выпускной квалификационной работы в соответствии с заданием на дипломное проектирование.

Конструкторская часть

Определение тягово-динамических свойств

Исходные данные

В данном разделе работы определяем тягово-динамические свойства проектируемого гоночного автомобиля.

Расчет основных параметров тягово-динамических свойств выполнялся в соответствии с методикой [21], используемой для аналогичных расчетов на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей».

Для определения тягово-динамических свойств гоночного транспортного средства используем следующие начальные данные (см. табл. 3.1).

Таблица 1 - Начальные данные

Определение показателя	Условное обозначение	Единица измерения	Значение показателя
1	2	3	4
Снаряженная масса гоночного болида	m_0	кг	238
Частота вращения коленчатого вала	n_e^{max}	мин ⁻¹	13000
Максимальная скорость гоночного болида	V_a	км/ч (м/с)	178 (49,4)
Мощность силового агрегата	N_e^{max}	кВт	33,6
Момент двигателя	M_e^{max}	Н·м	31,8

1	2	3	4
Применяемые колеса	-	-	Hoosier 20,5x7,0 R13
Коэфф. аэродинамичности	C_x	-	0,22
Уклон	i	-	0,33

Таблица 3.1 - Продолжение

Определение показателя	Условное обозначение	Единица измерения	Значение показателя
Коэффициент полезного действия силового агрегата	η	-	0,94
Ширина	B	мм	1465
Высота	H	мм	1165
Коэф. сопротивления качению гоночного болида	f_0	-	0,018
Передаточные числа коробки передач:	-	-	-
	U_1		5,76
	U_2		4,21
	U_3		3,52
	U_4		3,03
	U_5		2,75
	U_6		2,54
	U_0		2,61

Эскиз проектируемого гоночного болида, для которого определяются параметры тягово-динамических свойств представлен на рис.3.1.

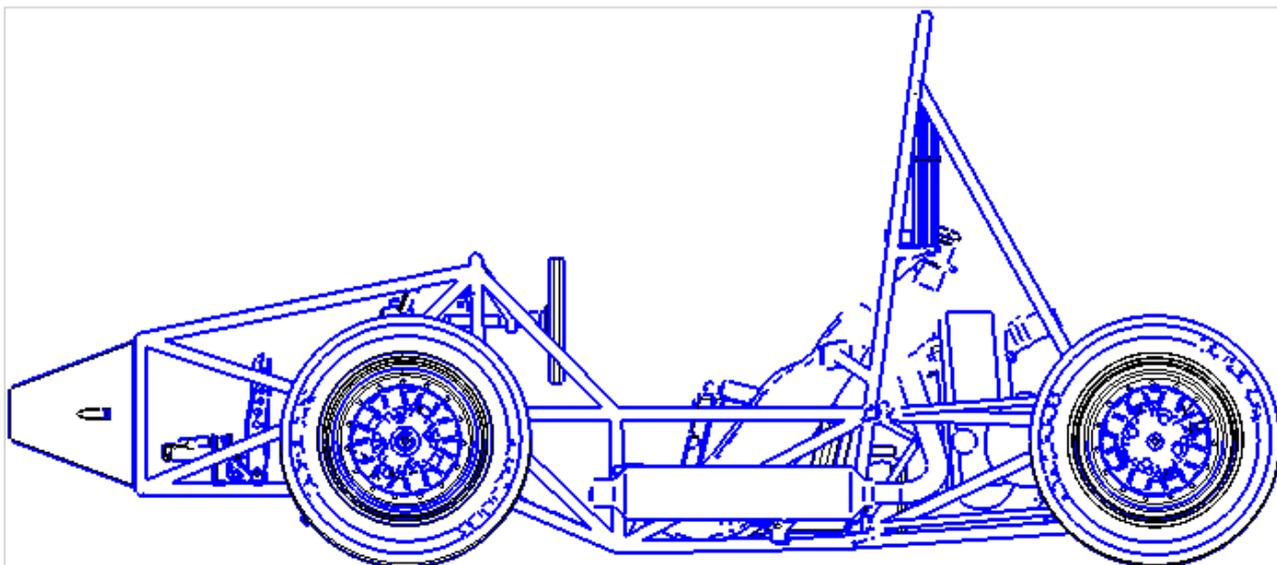


Рис. 12 Эскиз гоночного болида «Формула Студент 2017»

В виду того, что основной целью работы является выполнение исследований по жесткости и прочности каркаса, то вопросы, связанные с определением тягово-динамических свойств выполнены упрощенно (см. далее).

Определение базовых показателей тягово-динамического расчёта

Находим полную массу транспортного средства с учетом снаряженной массы и массы гонщика. Согласно методике [21] получаем:

$$m_a = m_0 + m_q, \quad (1)$$

где m_0 – снаряжённая масса транспортного средства, кг;

$m_q = 75$ кг – масса гонщика с экипировкой.

$$m_a = 238 + 75 = 313 \text{ кг.}$$

Далее, находим полный вес транспортного средства:

$$G_a = m_a \cdot g, \quad (2)$$

где g - ускорение свободного падения, м/с^2 .

Отсюда:

$$G_a = 313 \cdot 9,81 = 3070 \text{ Н.}$$

Так как согласно принятому техническому регламенту автомобиль должен быть заднеприводным, то для наиболее полного использования его тяговых

свойств принимаем, что на задние ведущие колеса приходится 55% всего веса.

Тогда часть веса транспортного средства на ведущих колесах:

$$G_2 = 0,55 \cdot G_a = 0,55 \cdot 3070 = 1688 \text{ Н.}$$

Для определения сил аэродинамического сопротивления необходимо найти параметры аэродинамичности транспортного средства. К таким параметрам относятся коэффициент обтекаемости и площадь проекции.

Коэффициент обтекаемости транспортного средства определяется по формуле $k = \frac{C_x \cdot \rho}{2}$,

где $\rho = 1,292$ – плотность воздуха в нормальных условиях, кг/м³.

$$k = \frac{0,22 \cdot 1,292}{2} = 0,142.$$

Площадь проекции транспортного средства находим по формуле:

$$F = 0,8 \cdot B \cdot H, \quad (3)$$

где B – ширина транспортного средства, м;

H – высота транспортного средства, м.

Получаем:

$$F = 0,8 \cdot 1,465 \cdot 1,165 = 1,365 \text{ м}^2.$$

В 2017 году в результате анализа рынка и проектов конкурентных команд используем колеса Hoosier 20,5x7,5R13.

Радиус качения этих колес, согласно информации поставщика [22] составляет: $0,528 / 2 = 0,264$ м.

Определение параметров для оценки дорожного сопротивления

Для оценки дорожного сопротивления при движении гоночного болида по треку необходимо определить значение коэффициента сопротивления качению колес для максимально заданной скорости. Данный параметр определяется по формуле:

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_{max}^2}{2000} \right) = 0,018 \cdot \left(1 + \frac{49,4^2}{2000} \right) = 0,039. \quad (4)$$

Данное значение, используем в дальнейших расчетах.

Расчёт тягово-динамических показателей

Ввиду большого объема табличных данных и темы квалификационной работы не связанной с тяговой динамикой, расчет внешней скоростной характеристики, тягового баланса, динамической характеристики, ускорений, обратных ускорений, мощностного баланса, пути разгона, времени разгона и характеристику расхода топлива не отображаем в данном разделе, но финальные графики этих характеристик приводим в Приложении.

Законодательные требования к конструкции защитного каркаса

Общепотребительные положения

Гоночные болиды, участвующие в Formula Student, должны быть самостоятельно спроектированы и изготовлены студенческой командой без применения помощи профессионалов в автомобильной отрасли.

Проектирование гоночного болида должно осуществляться строго в соответствии с техническим регламентом.

Гоночный болид конструктивно должен иметь открытые передние и задние колеса, а также кокпит.

Кузов гоночного болида не должен иметь отверстий в зоне размещения гонщика от носовой части до гнутой части главной дуги (огнеупорной стенки).

Значение колёсной базы должно быть не менее 1525 мм.

Значение ширины наименьшей колеи гоночного болида должно быть не менее 75% от значения наибольшей его колеи.

Силовой каркас гоночного болида должна включать в себя две фиксированные дуги, перегородку в передней части и боковые силовые элементы.

Формулировки и термины

Для исключения разночтений в дальнейшем используются следующие формулировки и термины:

Главная дуга – это гнутая труба, расположенная на одном уровне или со сдвигом относительно туловища гонщика.

Передняя дуга – это гнутая труба, расположенная над ногами гонщика в зоне рулевого управления.

Основные дуги – это передняя и главная дуги.

Опоры распорок основных дуг – это конструктивные элементы, расположенные вдоль распорок основных дуг и направленные в сторону основных дуг.

Конструктивный элемент каркаса – это минимальный неделимый изначально элемента силового каркаса.

Рама (каркас) – это сварно-сборная металлоконструкция являющаяся базовым несущим функциональным элементом гоночного болида. Она может представлять собой единую сварную конструкцию, либо ряд отдельных собранных воедино подборочных элементов.

Основная конструкция каркаса – это ряд следующих конструктивных элементов: главная дуга, передняя дуга, распорки, боковые силовые элементы, опоры передней и задней подвески, силового агрегата и различные перегородки.

Передняя перегородка – плоская конструкция, определяющая переднюю плоскость главных компонентов рамы; выполняет функцию защиты ног водителя.

Межузловое соединение каркаса – представляет собой геометрическое место сопряжения силовых элементов каркаса (см. рис.). (рис. 3.2).

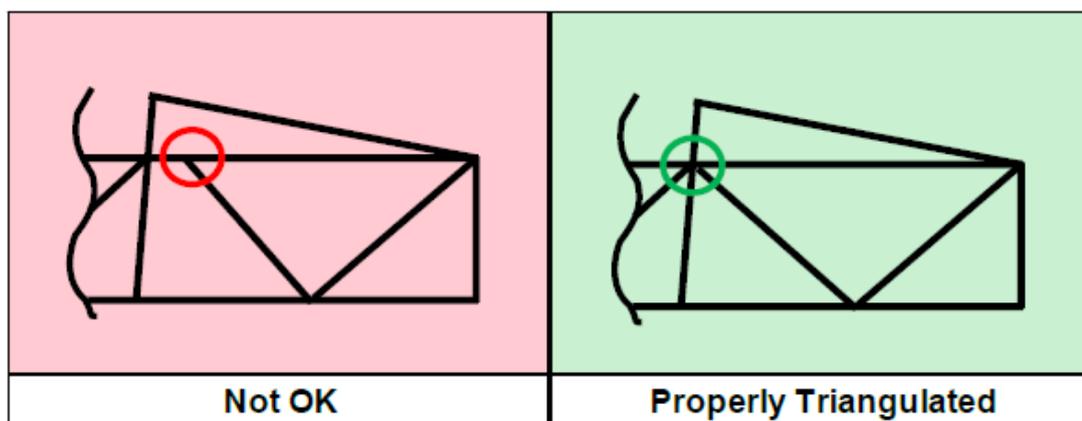


Рис. 13 Межузловое соединение каркаса (слева - корректно, справа - некорректно)

Требования, предъявляемые к конструкционным материалам

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

Главная и передняя дуги должны изготавливаться из круглой трубы диаметром не менее 25 мм и толщиной не менее 2,4 мм.

Элементы боковых конструкций должны изготавливаться из круглой трубы диаметром не менее 25 мм и толщиной не менее 1,65 мм.

Передняя перегородка, а также распорки основных дуг должны изготавливаться из круглой трубы диаметром не менее 25 мм и толщиной не менее 1,6 мм.

Опоры передней перегородки и элементы поддержки должны изготавливаться из трубы диаметром не менее 25 мм и толщиной не менее 1,5 мм.

Следует учитывать, что для изготовления силового защитного каркаса необходимо использовать материал со следующими физико-механическими свойствами:

Модуль упругости = 200000 МПа;

Предел текучести = 305,0 МПа;

Предел прочности = 365,0 МПа.

В случае использования труб диаметром менее 25 мм – они будут считаться неконструктивными.

В случае особой необходимости разрешено использовать альтернативные материалы для изготовления элементов силового каркаса, за исключением главной дуге и распорок главной дуги.

При использовании в качестве элементов каркаса деталей, изготовленных из алюминиевых сплавов минимальная толщина их стенок должна быть не менее 3,0 мм [10].

Требования к конструктивным элементам силового каркаса

Главная и передняя дуги должны быть сконструированы таким образом, чтобы голова и руки гонщика не касались земли в случае возникновения аварийной ситуации.

Конструктивное расположение этих элементов на каркасе должно соответствовать представленной схеме на рис. 3.3.

При проработке компоновки гоночного болида и места водителя

необходимо учитывать следующие ограничения, указанные в техническом регламенте:

- расстояние, измеренное между защитным шлемом гонщика и линией, исходящей из верхней точки главной дуги и приходящей в верхнюю точку передней дуги должно быть не менее 50,8 мм (см. рис. 3.4);
- расстояние, измеренное между защитным шлемом и линией, соединяющей верхнюю точку главной дуги и нижнюю компоненту распорок сзади относительно главной дуги, также, должно быть не менее 50,8мм;
- защитный шлем гонщика не должен попадать в область главной дуги (рис. 3.5).

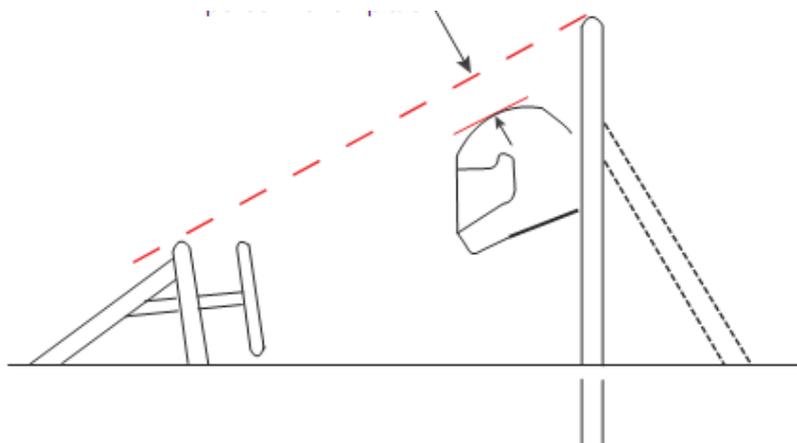


Рис. 14 Зазор между защитным шлемом и плоскостью безопасности

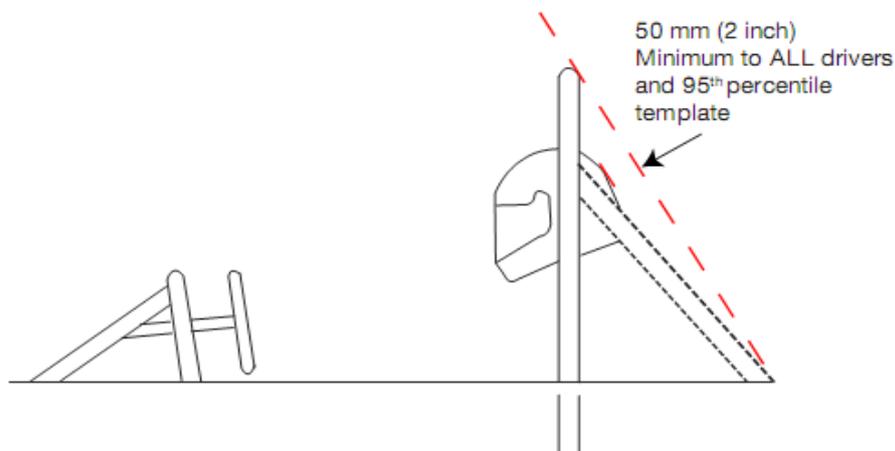


рис. 15 Зазор до защитного шлема в задней части каркаса

Все компоновочные работы необходимо проводить с учетом шаблона

стандартного 95% перцентиля человека.

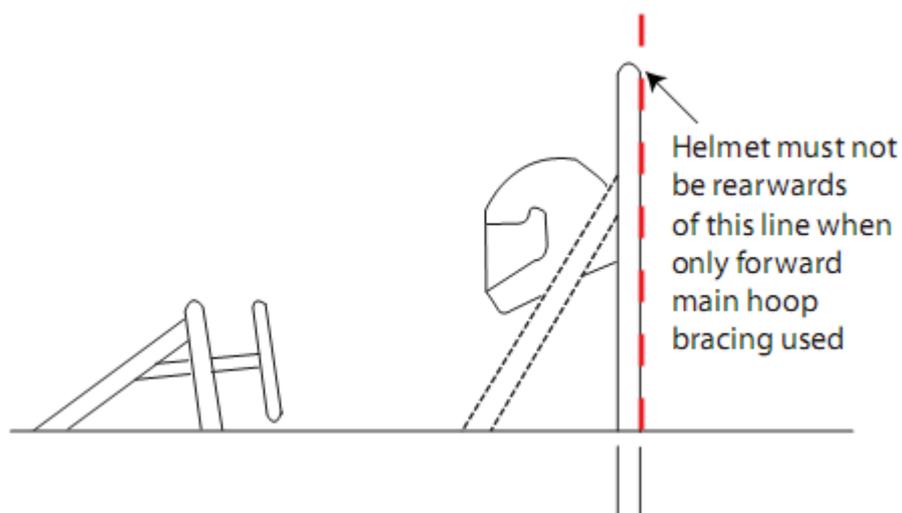


Рис. 16 Выступление защитного шлема за заднюю дугу

При компоновке необходимо располагать шаблон манекена согласно рис. 3.6.

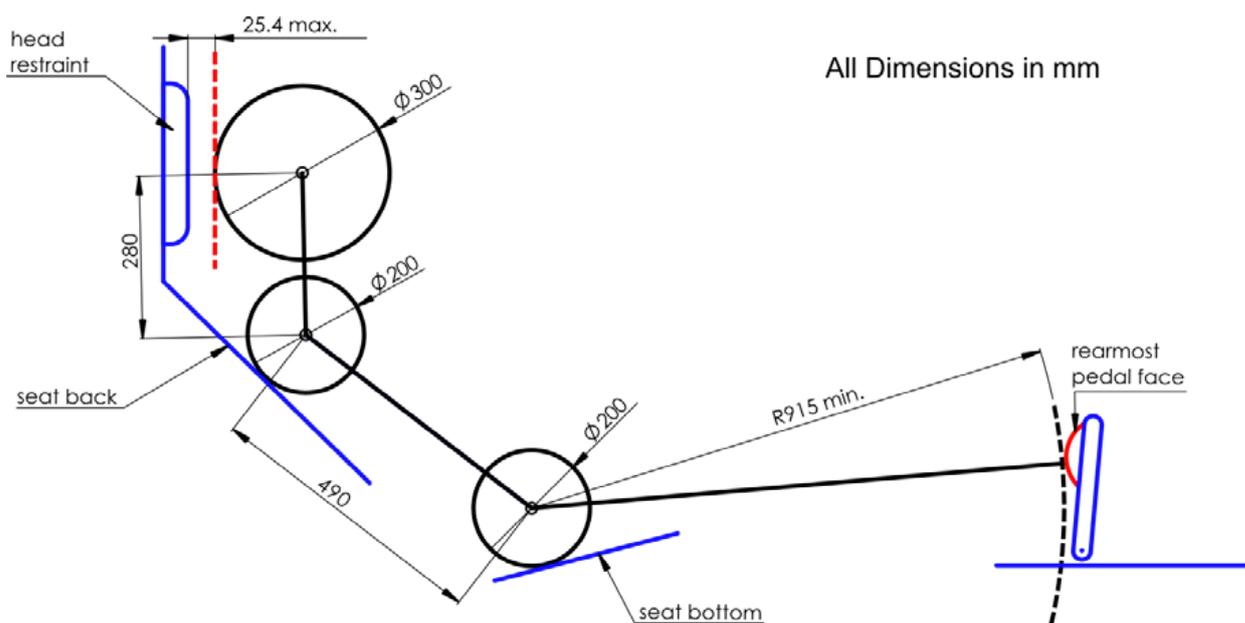


Рис. 17 Шаблон манекена 95% перцентиля

При этом:

- Сиденье гонщика следует максимально наклонить назад;
- Расположить педали в самой передней точке гоночного болида;
- Расположить все круги шаблона манекена согласно рис. 3.6.

Радиус гибки криволинейных участков труб силового каркаса должен быть равен не менее трех наружных диаметров трубы для исключения значительной вытяжки материала и утонения его стенок.

При соединении главной и передней дуг необходимо использовать усилительные кронштейны, изготовленные из листовой стали.

Главная дуга защитного каркаса должна быть изготовлена из однородной трубы без применения сварочных и иных операций. При этом она должна проходить от самого нижнего места каркаса с одной стороны, далее - вверх, в верхней части, и опускаться к самому нижнему месту каркаса с противоположной стороны.

При взгляде сбоку на гоночный болид все изгибы и искривления главной дуги в точках сварки должны иметь усилители или косынки. Также, при этом главная дуга частично допускается отклоняться вперед на определенный угол относительно вертикали.

При взгляде спереди вертикальные составляющие главной дуги должны быть разнесены на расстояние не менее 380 мм относительно точек установки главной дуги к нижним элементам защитного каркаса.

Передняя дуга защитного каркаса должна быть изготовлена из цельного куска стальной трубы замкнутого в кольцо. Однако, при наличии возможности корректной ориентации усилительных элементов допускается изготавливать ее из более чем одного элемента.

Самая верхняя часть передней дуги должна располагаться ниже, чем самая верхняя часть рулевого колеса.

В боковой проекции передняя дуга должна располагаться не далее чем на 250 мм от частей рулевого колеса.

При конструировании распорок главной дуги следует учитывать, что они должны изготавливаться из цельной замкнутой металлической трубы.

Конструктивно главная дуга защитного силового каркаса должна усиливаться двумя силовыми распорками, которые располагаются впереди или

позади с обеих сторон.

При взгляде сбоку на силовой каркас главная дуга, а также ее распорки не должны располагаться с одной стороны от вертикали, проходящей от верхней точки главной дуги.

Распорки главной дуги следует располагать, по возможности, выше и не ниже 160мм от геометрического места, проходящего через верхнюю часть главной дуги. При этом острый угол, измеренный между главной дугой и ее распорками должен быть не менее 30° (см. рис. 3.7).

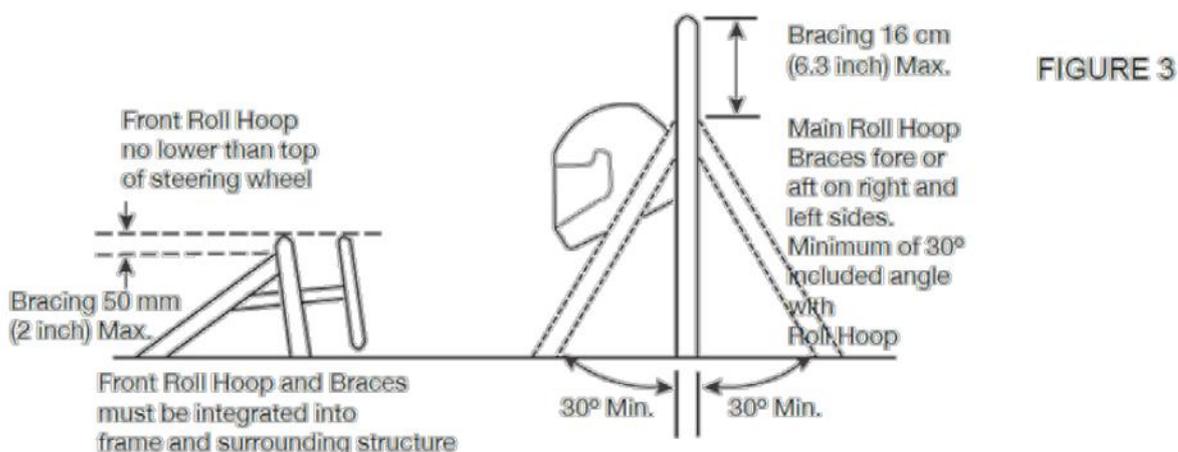


Рис. 18 Компоновка распорных дуг защитного каркаса

Конструируя каркас и выполняя его прочностные расчеты необходимо внимательно следить за тем, чтобы распорки были надёжно зафиксированы на каркасе.

Нижние элементы распорок необходимо проектировать с учетом наличия опоры в местах с высоким значением жесткости.

В случае, если конструктивно возникает потребность в установке дополнительных силовых элементов, то их местоположение не должно нарушать идеологию правил соединения, заложенную в техническом регламенте.

Передняя дуга конструируется таким образом, чтобы она фиксировалась с помощью двух силовых элементов, расположенных с обеих сторон вдоль

защитного каркаса.

Также, следует учитывать, что распорки передней дуги должны выполнять основную функцию - защиту ног гонщика.

Расположение распорок передней дуги должно быть, по возможности, выше, однако, не менее 50,8 мм от геометрического места, расположенного в районе передней дуги.

При выполнении эргономических и компоновочных работ необходимо учитывать, что ноги гонщика должны полностью располагаться внутри защитного силового каркаса.

Конструктивно распорки передней дуги должно быть прямолинейными и не иметь различного рода деформаций и перегибов.

В случае, если отсутствует возможность соединения распорок к каркасу с помощью сварки, необходимо использовать болтовые соединения с применением болтов повышенного класса прочности (не менее 8.8).

Техническим регламентом не запрещается механический способ фиксации распорок основных дуг.

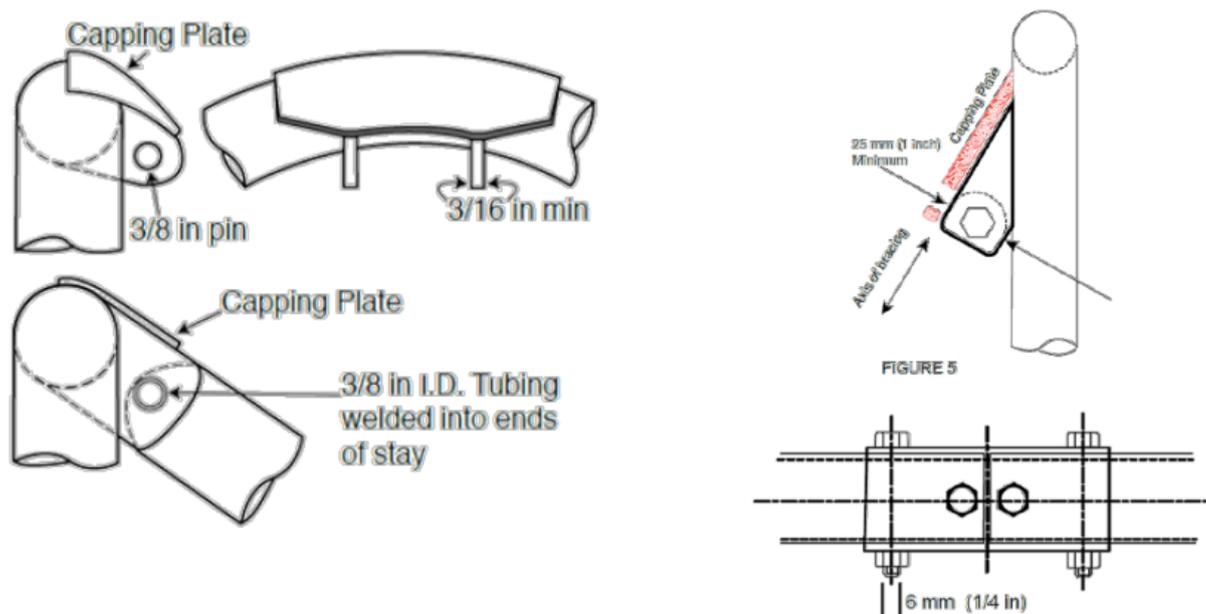


Рис. 19 Соединение с помощью прижимов

Подобные соединения должны быть соединены внахлест с применением сдвоенных прижимов или торец к торцу с использованием втулочного элемента (см. рис. 3.8).

Любой конструктивный силовой элемент каркаса не должен иметь сферический наконечник.

При реализации стыков с применением двойных прижимов необходимо применять болты диаметром не менее 10 мм с высоким классом прочности. Взаимное расположение отверстий в прижимах и соединяемых элементах должны иметь точное совпадение.

Передняя перегородка защитного силового каркаса конструируется с применением стальных профилированных труб. Она располагается, как правило, таким образом, чтобы ноги водителя, контактируя с педальным блоком и не касаясь их, располагались позади плоскости, проходящей через переднюю перегородку.

Конструктивно передняя перегородка фиксируется на передней дуге с помощью не менее 3-х компонентов с обеих сторон гоночного болида: верхней, нижней и диагональной.

Защитная пластина должна быть изготовлена стального листа толщиной 1,5 мм, либо из алюминиевого листа толщиной не менее 4 мм. Она должна надежно и непосредственно крепиться к передней перегородке защитного каркаса. Ее контур должен быть выполнен в соответствии с компоновкой и формой аттенюатора, предусмотренного техническим регламентом.

Защитная пластина может быть закреплена на каркасе посредством сварки или болтов. При выполнении сварного шва следует его выполнять либо сплошным швом, либо прерывистым швом с равным шагом.

После изготовления защитного силового каркаса аттенюатор, также, может крепиться к нему посредством специального клея. Однако, при этом необходимо выполнить тестовые испытания для проверки работоспособности подобного рода соединений.

Для обеспечения безопасности, по аналогии с автомобильными Правилами ЕЭК ООН №21, в конструкции защитного каркаса не должно присутствовать различных острых кромок, заусенцев и не предусмотренных регламентом деталей. Величина минимальных радиусов скругления торчащих компонентов каркаса должна составлять не менее 38 мм.

Боковая защитная конструкция силового каркаса также отвечает определенным требованиям со стороны технического регламента. Например, она включает в себя три и более защитных зоны, расположенных слева и справа от гонщика (см. рис. 3.9).

Эти
защи
тные
зоны
изгот
авлив
аютс
я из
сталь

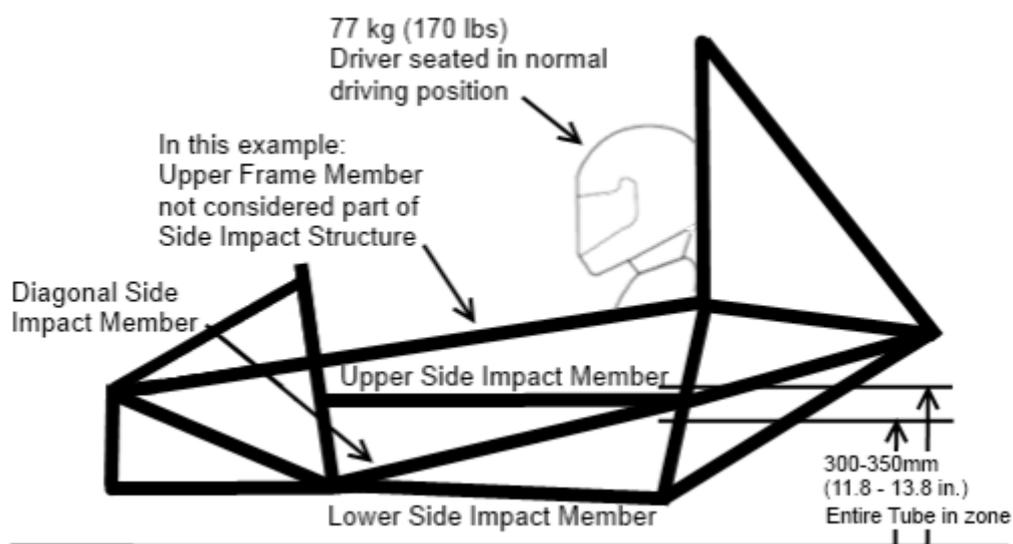


Рис. 20 Требования к конструкции боковой защитной конструкции
ных труб диаметром не менее 25 мм

Расположение компонентов этих трех зон должно удовлетворять следующим требованиям:

- верхний элемент защитного каркаса в этой зоне соединяет главную и переднюю дуги на расстоянии порядка 300(+50) мм от поверхности пола с загрузкой;
- нижний элемент защитного каркаса соединяет нижнюю компоненту главной и передней дуг;
- диагональный элемент защитного каркаса соединяет верхнюю и нижнюю

компоненты по направлению спереди для главной дуги и позади для передней дуги.

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.

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

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).

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 CAE-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.

При назначении силовых факторов и определении деформаций следует

использовать принятую в техническом регламенте систему координат (см. рис. 3.10). При этом условно приняты следующие направления осей:

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

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

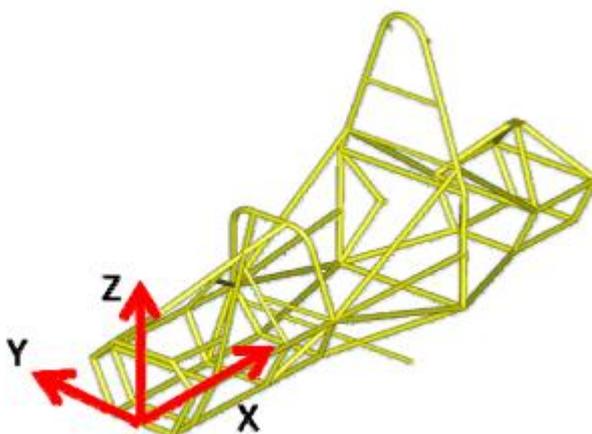


Рис. 21 Система координат для расчетов силового каркаса

Расчетные случаи для проверки прочности силового каркаса

Для полной оценки прочности и жесткости силового защитного каркаса необходимо проанализировать следующие наиболее важные элементы:

- 1) основные силовые защитные элементы (главная дуга, поддержки распорок, передняя дуга);
- 2) боковую защитную конструкцию;
- 3) переднюю балку;
- 4) крепление плечевого ремня безопасности гонщика;

5) переднюю балку.

Сведем все расчетные случаи для проверки прочности защитного силового каркаса гоночного болида Формула Студент в таблицу 3.2.

Таблица 2 - Расчетные случаи

№	Анализируемый узел	Прикладываемая нагрузка	Зоны приложения нагрузки	Требования к результатам расчета
1	2	3	4	5
1	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
2	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	
3	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	
4	Крепление плечевого ремня	$F = 7000 \text{ Н}$	Места крепления ремней безопасности	
5	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	

Результаты расчетов и их анализ представлены в Исследовательской части (далее).

Исследовательская часть

Анализ прочности каркаса гоночного болида Formula Student

Описание расчетной модели каркаса

Анализ прочностных свойств, а также модальный анализ силового защитного каркаса осуществляется с применением мощного современного комплекса конечно-элементного анализа MSC.NASTRAN.

Расчетная модель исследуемого каркаса гоночного болида Формула Студент 2017 разработанная в универсальном пре- и постпроцессоре MSC.PATRAN с применением метода конечных элементов представлена на рис. 4.1.

Конечно-элементная модель каркаса строилась на основе трехмерной математической модели, разработанной в среде КОМПАС-3D участниками студенческой команды. Данная расчетная модель состоит из оболочечных конечных элементов типа CTRIA (трехузловые) и CQUAD (четыреузловые).

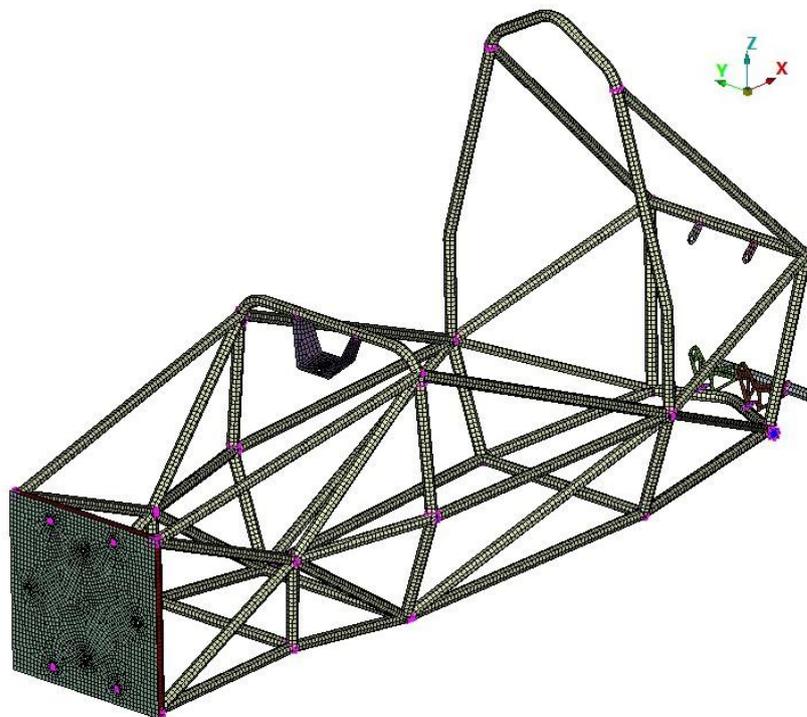


Рис. 22 Расчетная (конечно-элементная) модель каркаса

Сварные соединения моделировались абсолютно жесткими конечными

элементами типа RBE2 и RBE3.

Общее количество конечных элементов в расчетной модели составляет 56346 элементов, а общее количество узлов — 48932.

Оптимизация силового каркаса

С учетом опыта конструирования 2016 года командой студентов в 2017 году разработан новый каркас гоночного болида, учитывая требования технического регламента.

Имея в арсенале средств расчетную модель и выполняя подбор сечений (условную простейшую оптимизацию) труб каркаса получена итоговая конструкция. Результаты расчета которой представлены ниже.

Анализ собственных частот и форм колебаний каркаса

Анализ собственных частот и форм колебаний (так называемый модальный анализ конструкции) является важным с точки зрения проверки глобальной жесткости конструкции и ее восприимчивости к различного рода возбуждениям (например, от силового агрегата, дороги и т.д.).

Таблица 3 - Собственные формы и частоты колебаний каркаса

№ собственной формы колебаний	Собственная форма колебаний каркаса	Значение собственной частоты, Гц
1	2	3
1	Изгибная форма	35,3
2	Изгибная-крутильная форма	47,7
3	Изгибная-крутильная форма	52,7
4	Крутильная форма	59,0
5	Изгибная форма	68,9
6	Изгибная форма	74,2
7	Изгибно-крутильная форма	77,3
8	Изгибно-крутильная форма	83,9
9	Крутильная форма	96,2

Результаты расчета (собственные формы колебаний конструкции и их

частоты) позволяют выявить потенциально слабые места и усилить их.

Диапазон частот для определения корней решения системы при анализе выбран от 1,0 Гц до 100,0 Гц, т. к. это диапазон возникновения наиболее вероятных возбуждений (таблица 4.1).

Графическая интерпретация результатов расчета собственных форм и частот колебаний защитного каркаса гоночного болида представлена ниже на рис. 4.2.

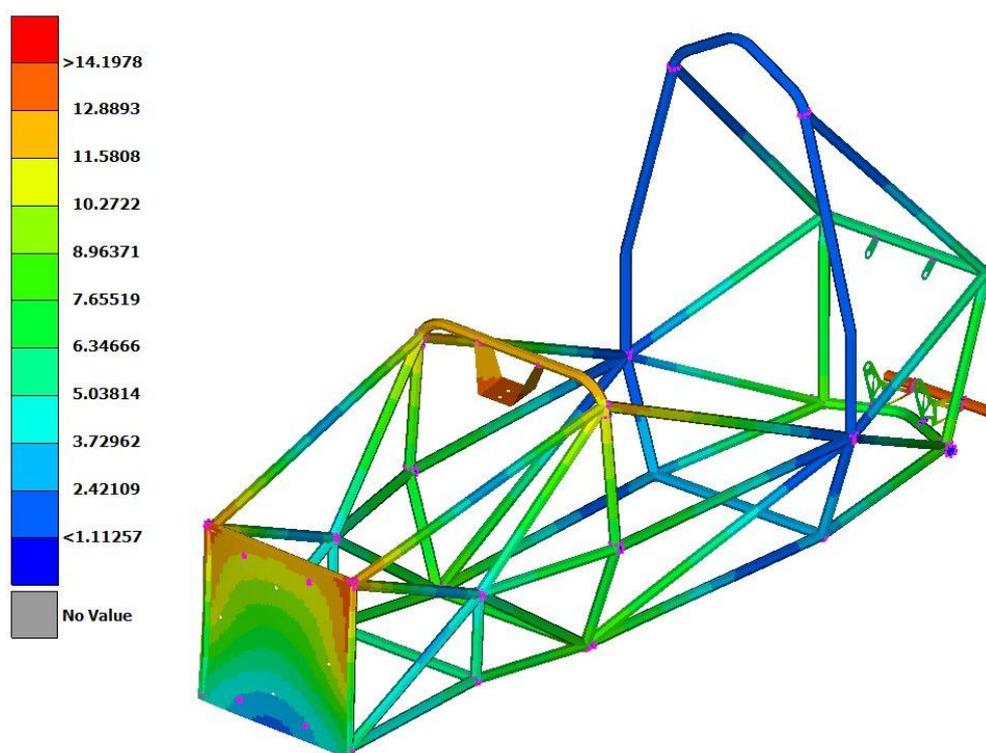


Рис. 23 Первая собственная форма колебаний защитного каркаса на частоте 35,3 Гц

Анализ прочности основных защитных элементов

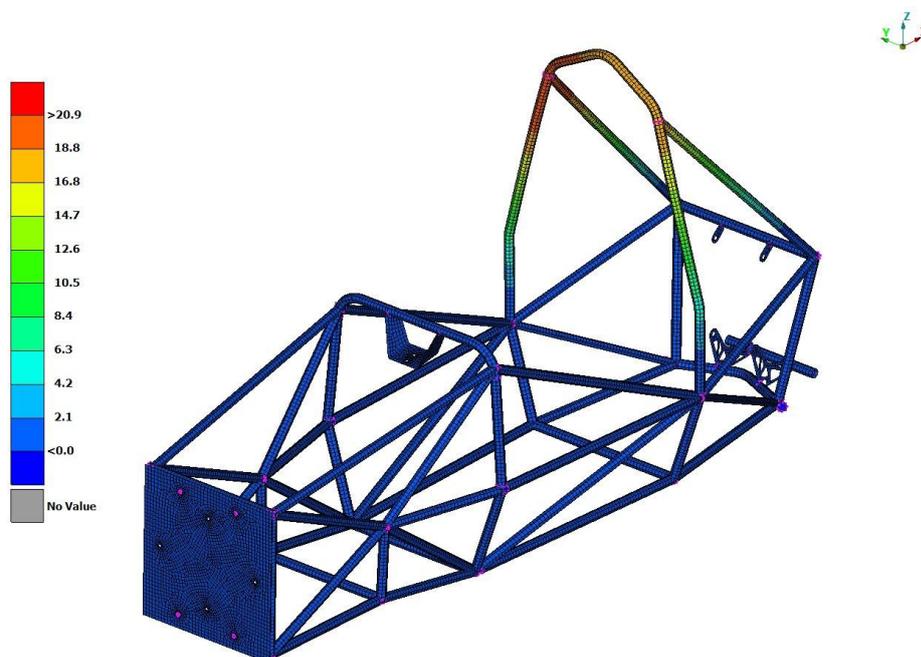


Рис. 24 Распределение деформации основных защитных элементов (главная дуга), мм

На рис. 4.3 представлены графические результаты расчета прочности и жесткости основных защитных элементов силового каркаса — локально для главной дуги (расчетный случай 1, табл.4.1). 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.

На рис. 4.4 представлены графические результаты расчета прочности и жесткости основных защитных элементов силового каркаса — локально для передней дуги (расчетный случай 1, табл.4.1). Расчетная модель каркаса зафиксирована в зоне установки элементов ходовой части.

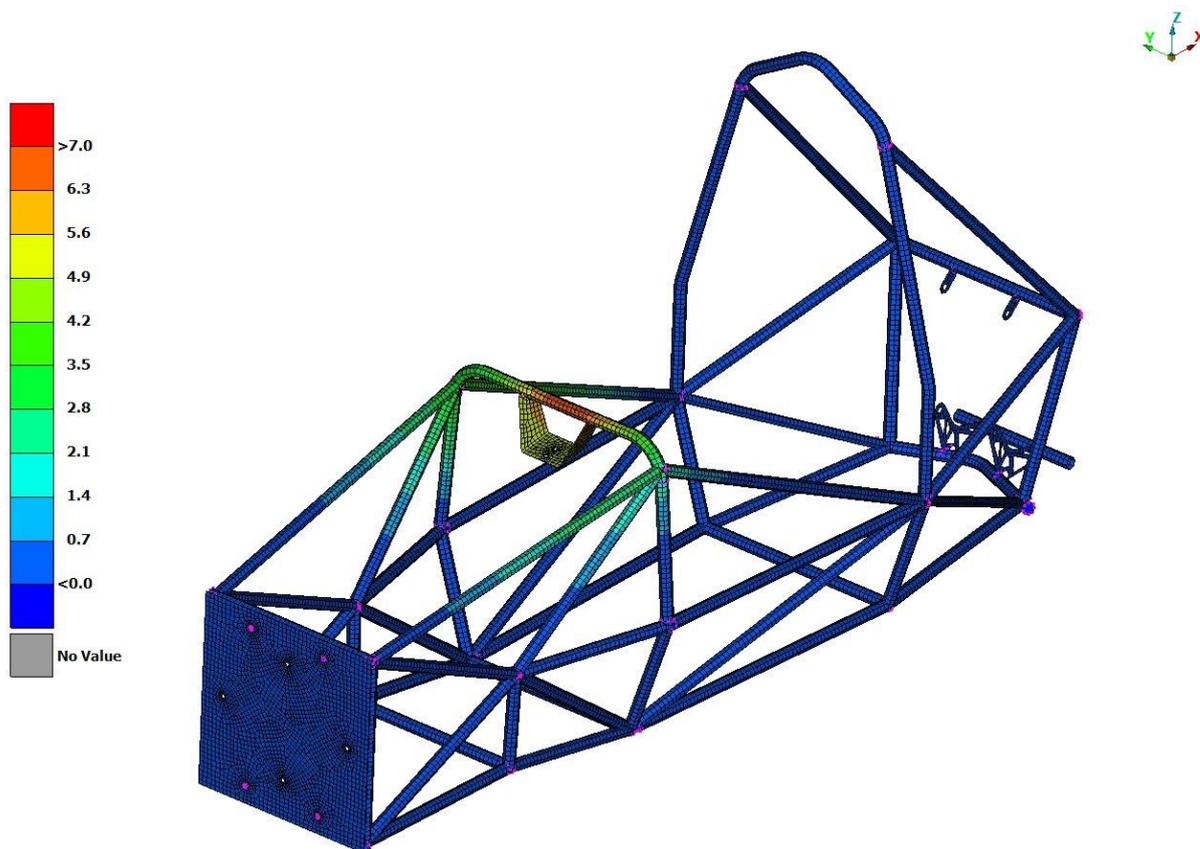


Рис. 25 Распределение деформация основных защитных элементов (передняя дуга), мм

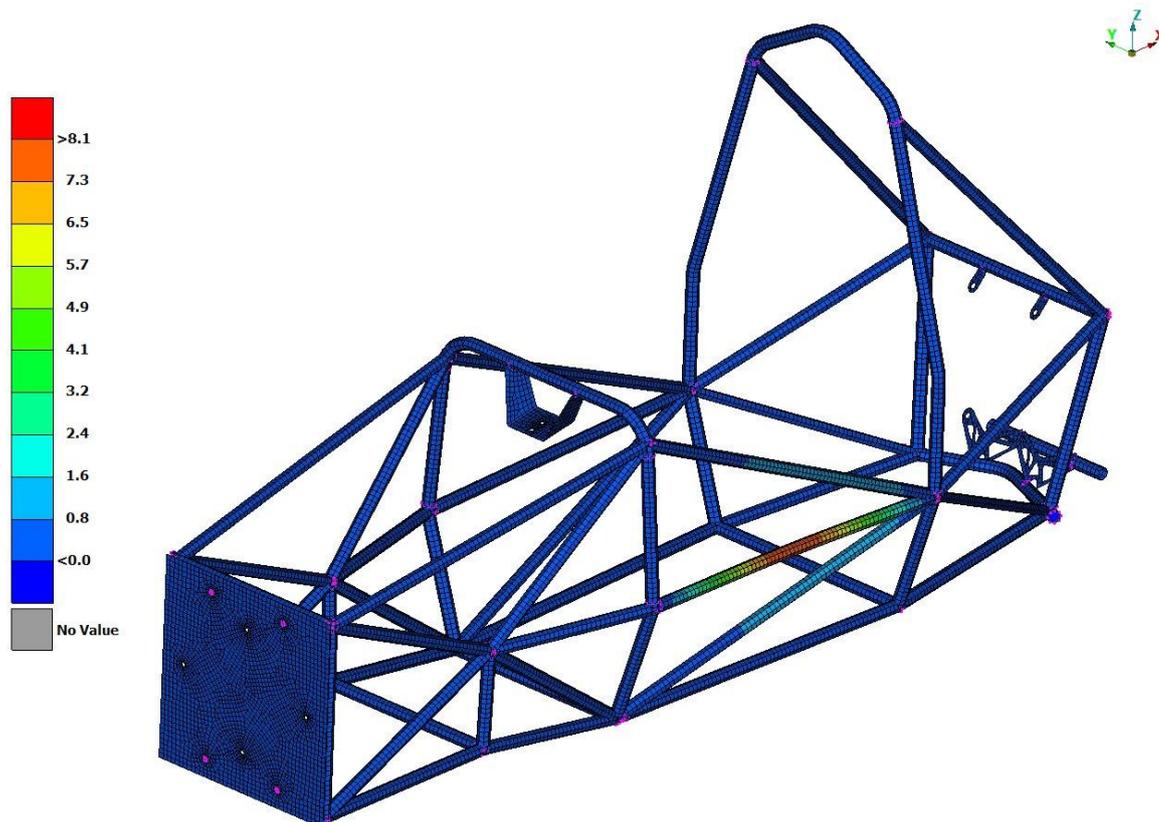
По результатам расчета максимальная деформация передней дуги каркаса составила $7,1 \text{ мм} < 25,0 \text{ мм}$ — условие жесткости выполнено.

Максимальные эквивалентные напряжения, возникающие в конструкции не превысили 300 МПа .

На рис. 4.5 представлены графические результаты расчета прочности и жесткости боковой защитной конструкции (расчетный случай 2, табл.4.1). Расчетная модель каркаса зафиксирована в зоне установки элементов ходовой части.

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 .



Ри
с. 26 Распределение деформации боковой защитной конструкции каркаса. мм

На рис. представлены графические результаты расчета прочности и жесткости передней балка защитного каркаса (расчетный случай 3, табл.4.1).

Расчетная модель каркаса зафиксирована в зоне установки элементов ходовой части.

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.

Выводы по исследовательскому разделу

В Исследовательском разделе проведена работа по расчету и анализу конструкции силового защитного каркаса гоночного болида Формула Студент 2017 с учетом требований со стороны технического регламента.

Определены собственные формы и частоты колебаний каркаса. Значение

частоты первой собственной формы колебаний составляет 35,3 Гц.

Максимальная деформация элементов каркаса сосредоточена в зоне главной дуги и составляет 21,1 мм. При этом прочность защитного силового каркаса обеспечена, а его масса, по сравнению с каркасом 2016 года снижена с 34 кг до 30 кг (т. е. на 12%). Это достигнуто за счет более оптимального использования и распределения балок каркаса по сечениям в соответствии с нагрузками, прикладываемыми к нему.

Безопасность и экологичность технического объекта

Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Конструктивная характеристика каркаса гоночного болида

В настоящее время, в связи с динамичным развитием компьютерных технологий, значительно сокращается время на проектирование и разработку новых изделий. Разработка гоночных и спортивных автомобилей относится к важной задаче, поднимая престиж автомобильных компаний-разработчиков. Не является исключением и разработка гоночных автомобилей силами команд высших учебных заведений. Так, например, команда Тольяттинского Государственного Университета в 2017 году в очередной раз занимается проектированием гоночного болида в классе «Формула Студент».

Одной из важнейших задач при этом является снижение массы гоночного болида. Это позволяет наравне с мастерством пилота получить минимальное время на гоночной трассе.

Снижение массы должно достигаться при одновременном соблюдении ряда нормативных требований, а также получении оптимальных тактико-технических показателей гоночного болида.

Оптимизация каркаса гоночного болида — это наиболее важный процесс, результатом которого должна стать легкая, прочная и недорогая конструкция. Достичь этой цели позволяет использование современных средств САПР: САД систем (систем компьютерного твердотельного и поверхностного моделирования) и САЕ систем (программы компьютерного инженерного анализа, работающие на основе, например, метода конечных элементов).

Таким образом, в дипломном проекте оптимизация каркаса гоночного болида обеспечит минимизацию его массы при сохранении необходимой прочности и жесткости, то есть позволит сохранить уровень пассивной

безопасности спортивного автомобиля.

Технологическая и организационно-техническая характеристика
технического объекта

Каркас гоночного болида «формула Студент» планируется изготавливать на производственных мощностях Тольяттинского Государственного Университета.

Планировка участка сварки каркаса гоночного болида приведена на рис. 5.1. Участок сварки расположен в аудитории Д-112 Института машиностроения. С участком сварки сопряжены участки общей сборки, механический участок и др.

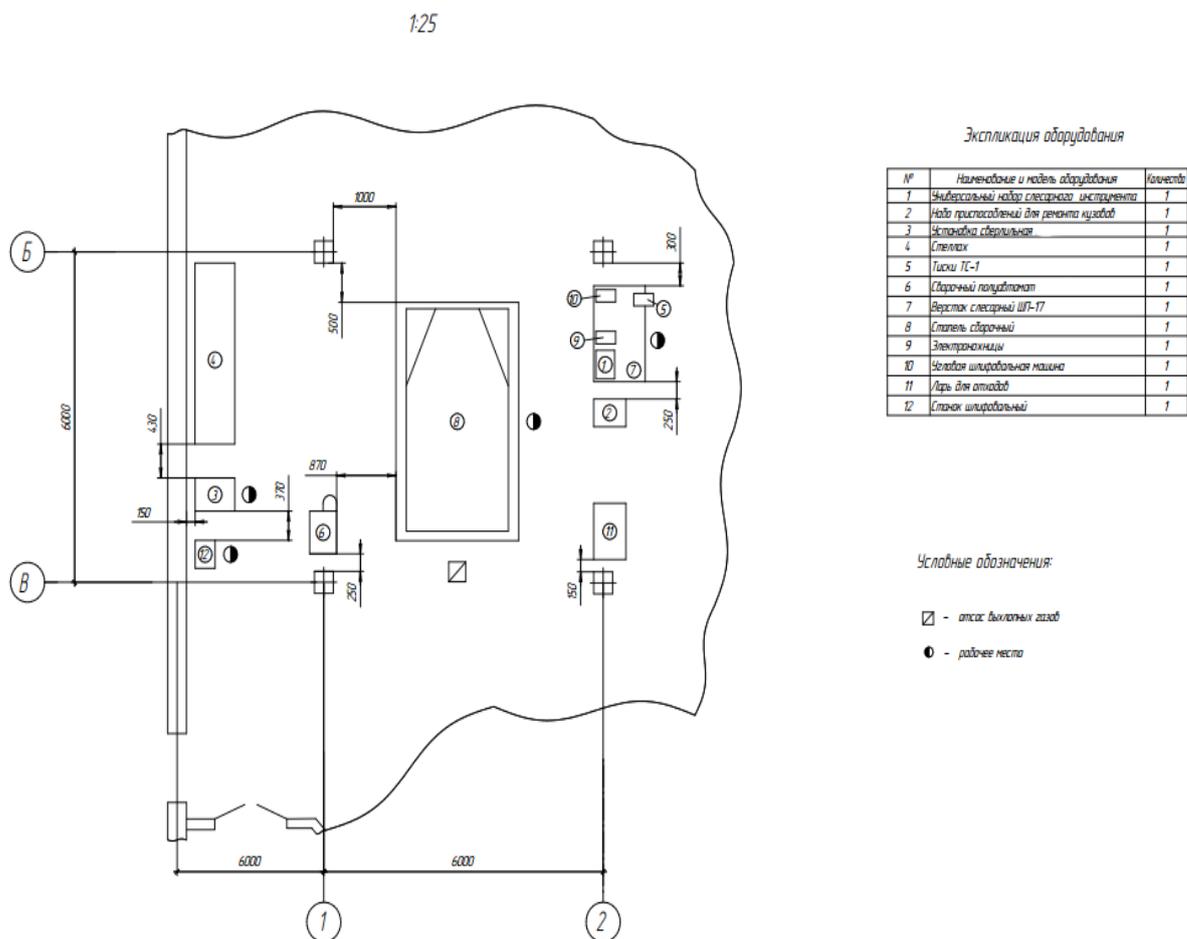


Рис.27. Планировка участка сварки каркаса гоночного болида «Формула Студент»

Сварка каркаса гоночного болида «Формула Студент» осуществляется с использованием специального технологического стапеля собственного

изготовления, на котором также можно осуществлять общую сборку.

Технический объект настоящей выпускной квалификационной работы характеризуется прилагаемым технологическим паспортом (табл. 5.1).

Таблица 4 - Технологический паспорт технического объекта

№ поз. (рис 5.1)	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Сборка	Осуществление механо-сборочных работ	Слесарь 4 разряда	Набор инструментов АРСЕНАЛ AUTO 108 предметов (АА-С1412L108), Россия	-
2	Подготовка к сварке	Фиксация деталей каркаса между собой	Слесарь 4 разряда	Набор приспособлений для ремонта кузовов, И-331, Россия	-
3	Подготовка к сварке	Сверление отверстий в деталях каркаса	Слесарь 3 разряда	Станок сверлильный JET JDP-10L (JE10000375M), Швейцария	-
4	Хранение	Хранение труб и листового металла	Зав. складом	Стеллаж для хранения расходных материалов	-
5	Вспомогательный	Зажим деталей	Слесарь 3 разряда	Тиски, ТС-1	-
6	Сварка	Сварка деталей каркаса	Слесарь 4 разряда	Сварочный полуавтомат SWAFOG REAL MIG 200 (N24002) многофункциональный (MIG/MAG, MMA), Россия	Проволока сварочная омедненная 1,0мм СВ08Г2С 5кг, Россия
7	Вспомогательный	Осуществление рихтовочных и сборочных операций	Слесарь 4 разряда	Верстак слесарный, металлический, ШП-17, Россия	-
8	Вспомогательный	Фиксация деталей каркаса при сварке	Слесарь 4 разряда	Стапель сборочный универсальный (собственного изготовления)	-
9	Раскрой	Раскрой материалов	Слесарь 3 разряда	Ножницы сетевые MAKITA JS 3201 J листовые, Япония	-
10	Раскрой	Подрезка материала	Слесарь 3 разряда	Угловая шлифмашина сетевая ИНТЕРСКОЛ УШМ- 115/900 (418.1.0.40), Россия	Отрезной круг по металлу ЛУГА 125x3,0x22.2 A24 SBF80 (14А БУ), Россия
12	Вспомогательный	Заточка режущего инструмента	Слесарь 4 разряда	Станок заточной ВИХРЬ ТС-400 (72/7/3), Россия	Абразивный диск МЕТАВО 120x20x20мм 36 Р НК заточной, Венгрия

Инструмент в таблице 5.1 подобран из каталога [17].

Идентификация профессиональных рисков

Выполним идентификацию профессиональных рисков (вредных и опасных производственных факторов), возникающих на участке сварки каркаса.

Профессиональный риск — это фактор среды или трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях (интенсивность, длительность и т.д.) может вызвать профессиональное заболевание, временное или длительное снижение его работоспособности, а также может привести к повышению частоты соматических и инфекционных заболеваний, привести к различным нарушениям здоровья человека и сказаться на его репродуктивной способности. Идентифицируем все возможные профессиональные риски на участке сварки каркаса в виде таблицы 5.2.

Таблица 5 - Идентификация профессиональных рисков на участке сварки каркаса

№ п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	Осуществление механо-сборочных работ	Перемещаемые подвешенные грузы, утомляемость	Движущие машины (механизмы)
2	Сверление отверстий в деталях каркаса	Металлическая стружка, повышенный уровень шума	Сверлильный станок
3	Сварка деталей каркаса	Повышенные температуры, газы, выделяемые при сварке	Сварочный аппарат
4	Осуществление рихтовочных и сборочных операций	Повышенный уровень шума и вибрации, недостаточная освещенность	Рихтовочное оборудование, молоток
5	Раскрой материалов	Металлическая стружка, острые кромки, повышенное напряжение	Электроножницы
6	Подрезка материала	Абразивная пыль, повышенное напряжение	Отрезной круг угловой шлифовальной машины
7	Заточка режущего инструмента	Подвижные части оборудования, абразивная пыль	Заточной станок

Методы и средства снижения профессиональных рисков

ОВПФ на участке сварки каркаса

На основании идентифицированных в табл. 5.2 профессиональных рисков, возникающих на участке сварки каркаса ранжируем ОВПФ (табл. 5.3).

Таблица 6 - Опасные и вредные производственные факторы на участке сварки каркаса

№ п/п	ОВПФ	Оборудование, приспособление, инструмент на участке сварки	Воздействие на организм работника
1	Движущие машины (механизмы)	Кран балочный, кран-балка, установленная в верхней части аудитории Д-211	Запыленность воздуха, общая вибрация, шум, движение воздуха, нарушение целостности организма
2	Подвижные части производственного оборудования	Шлифовальный станок, вращающиеся части инструмента	Шум, общая вибрация, повреждения частей тела
3	Передвигающиеся изделия	Детали и сборочные единицы в стапеле	Повреждение частей тела
4	Повышенная запыленность и загрязненность воздуха	Шлифовальный станок, УШМ, сварочный аппарат	Воздействие на органы дыхания, утомляемость
5	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 сердечно-сосудистую систему, утомляемость
6	Повышенное напряжение электросети	Электроустановки, сборочное и сварочное оборудование (220 В)	Поражение электротоком
7	Отсутствие (недостаток) естественного освещения	Производственные помещения, осветительное оборудование	Влияние на органы зрения, повышенная утомляемость, усталость
8	Острые кромки, заусенцы, шероховатость заготовок, инструмента, оборудования	Заготовки, детали и сборочные единицы, инструмент, стеллаж	Повреждение частей тела, нарушение целостности организма
9	Раздражающие вещества	Пыль, сварочные газы	Раздражение кожи, воздействие на органы дыхания
10	Физические перегрузки	-	Статические и динамические перегрузки, утомление
11	Нервно-психические	Компьютерная техника и др.	Утомление, усталость, эмоциональное перенапряжение

Проанализируем воздействие ОВПФ на организм членов команды «Формула Студент», трудящихся в зоне сварочного участка.

Электрический ток и статическое электричество

Электрический ток является одним из наиболее опасных факторов, так как все участники команды работают на компьютерах. При воздействии электрического тока на организм человека возникает термическое, электролитическое и биологическое действия.

Термическое (тепловое) воздействие электрического тока может выражаться в получении ожогов отдельных участков тела, нагреве кровеносной и нервной систем, а также других тканей.

Электролитическое действие электрического тока выражается в разложении крови и иных органических жидких сред. Это может вызвать значительные нарушения или изменения физико-химического состава этих сред.

Биологическое действие электрического тока - это особый специфический процесс, присущий, в основном, только живой ткани. Такое воздействие выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма человека (непроизвольные судорожные сокращения различных мышц), а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, протекающих в нормально действующем организме. В результате могут быть нарушены его жизненно важные функции: нарушение или полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Такое комбинаторное действие электрического тока весьма часто приводит к различным электротравмам. Эти электротравмы, теоретически, можно разделить на 1) местные электротравмы и 2) общие электротравмы (удар электрическим током).

Воздействие накопленного статического электричества на человека может проявляться в виде неярко выраженного, но длительно протекающего тока или

в форме импульсного разряда через его тело. Подобный статический разряд вызывает у человека рефлекторное движение, которое, в свою очередь, может привести к попаданию работника в потенциально опасную зону с расположенным в ней производственно-технологическим оборудованием и закончиться несчастным случаем или травмой. Кроме того, электростатическое поле повышенной напряженности отрицательно влияет на организм человека, вызывая функциональные изменения со стороны центральной нервной, сердечно-сосудистой и других систем организма.

С целью ограничения вредного воздействия электростатического поля на работников, проводится его нормирование в соответствии с «Санитарно-гигиеническими нормами допустимой напряженности электростатического поля № 1757-77» [13].

Химические воздействия

Различные химические вещества и их испарения (ацетон и др.) очень распространены на участках сборки и сварки. Особенно опасны газы, являющиеся результатом сварки.

Химические вещества с остронаправленным механизмом действия — это вещества, которые опасны из-за развития острого отравления при кратковременном воздействии вследствие выраженных особенностей механизма их действия: гемолитические, антиферментные, угнетающие дыхательный и мышечные центры и др.

Ядовитые свойства могут проявлять большинство из используемых на участке сварки химических веществ.

Следует отметить, что, даже такие вещества, как обыкновенная поваренная соль в больших дозах или кислород при повышенном давлении (находящийся, например в баллонах с кислородом, используемым при сварочных работах), могут являться весьма опасными производственными факторами.

Однако, к ядам и особо опасным химическим веществам принято

относить лишь те, которые своё вредное действие проявляют в обычных условиях и в относительно небольших количествах. Вредные химические вещества проникают в организм человека, в основном, через дыхательные пути, кожные покровы или кишечно-желудочный тракт. Большинство профессиональных заболеваний и отравлений для работников, задействованных на производствах, связано с поступлением вредных веществ в организм человека через органы дыхания. Такой путь проникновения опасных и вредных химических веществ в организм работника наиболее опасен, поскольку вредные вещества через разветвлённую лёгочную ткань поступают непосредственно в кровь и разносятся по всему телу. Известно, что при выполнении тяжёлой работы работник за одну минуту вдыхает примерно $0,1 \text{ м}^3$ окружающего воздуха [14].

Вредные вещества химического происхождения могут быть причиной местных и общих профессиональных отравлений, протекая в острой и хронической форме.

Локальное действие вредных веществ на промышленном производстве встречается достаточно редко. В связи со значительным развитием химической промышленности и использовании разнородных веществ в технологически процессах изготовления транспортных средств рабочие подвергаются одновременному воздействию очень сложного комплекса неблагоприятных и вредных факторов.

При количественной оценке вредного воздействия химических ОВПФ используют понятие предельно допустимой концентрации (ПДК) – это такое количество вредного вещества, которое при ежедневной работе в течение 8 часов или другой продолжительности, но не более 41 часа в рабочую неделю, на протяжении всего трудового стажа работника не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования и диагностики в процессе работы или в отдельные сроки жизни настоящего и будущих поколений.

Различают 4 класса опасности химических веществ по степени воздействия на организм:

- 1) чрезвычайно опасные вещества (для ртути ПДК составляет $0,01 \text{ мг/м}^3$);
- 2) высокоопасные вещества (для марганца ПДК составляет $0,3 \text{ мг/м}^3$);
- 3) умеренно опасные вещества (для оксида азота ПДК составляет 2 мг/м^3);
- 4) малоопасные вещества (для оксида углерода ПДК составляет 20 мг/м^3).

Производственный шум и ультразвук

Шум при производстве сварочных и сопряженных с ними работ в производстве неблагоприятно действует на организм членов команды «Формула Студент», непосредственно занятых сборкой каркаса: увеличивает расход энергии физической работы при прочих одинаковых условиях, значительно ослабляет внимание, увеличивает число ошибок и неточностей в работе, снижает быстроту реакции, в итоге — снижение производительности труда и более низкое качество сварочных работ.

Многочисленными исследованиями доказано, что производственный шум оказывает вредное влияние на физическое и физиологическое состояние человека: происходит угнетение центральной нервной системы, изменение скорости дыхания и сердцебиения, провоцируется нарушение метаболизма, повышается риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни. В итоге, длительное и постоянное воздействие шума может привести к возникновению профессиональных заболеваний.

Шум принято делить на непостоянный (шум, уровень звука которого в течение рабочего дня (смены) изменяется во времени более чем на 5 дБ(А)) и постоянный — это шум, уровень звука которого в течение смены изменяется во времени не более чем на 5 дБ(А) [18].

Не менее вредным является воздействию ультразвука на организм человека. При этом следует отметить его термическое действие из-за преобразования энергии ультразвуковых колебаний в тепло. Ультразвуковые волны при кратковременном воздействии вызывают так называемый

микромассаж тканей (их сжатие и растяжение). Однако, при длительном и интенсивном воздействии на человека ультразвук может вызывать разрушение клеток тканей. Это связано с разрушающим воздействием ультразвуковых колебаний и с явлением кавитации — образованием полостей в жидкости, что приводит к гибели тканей внутренних органов и кожных покровов.

Тяжесть труда

Тяжесть труда принято оценивать в соответствии с «Гигиеническими критериями оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» [15].

В данном документе уровни факторов тяжести труда представлены в эргометрических величинах, характеризующих трудовую деятельность, в независимости от индивидуальных особенностей человека, участвующего в этом процессе.

К основным критериям тяжести труда относят:

- физическую (динамическую) нагрузку;
- величину перемещаемого груза (вручную);
- шаблонные (типовые) рабочие движения;
- статическую нагрузку;
- рабочую позу (положение при выполнении работ);
- наклоны в различные стороны;
- перемещение по цеху.

Термин « типовые движение» в данном случае подразумевает простое, постоянно повторяющееся во времени и пространстве движение. Типовые рабочие движения (в зависимости от нагрузки) условно можно разделить на локальные и региональные.

Статическая нагрузка — это нагрузка, обусловленная удержанием человеком груза или приложением усилия без перемещения этого груза. Она рассчитывается произведением двух параметров: величины удерживаемого

усилия и времени его удерживания.

Динамическая нагрузка — это нагрузка, которая связана с поднятием груза на определённую высоту и определённым перемещением его в пространстве.

Длительная нагрузка и перегрузка на работника может привести к атрофированию мышечных тканей, а также к появлению судорог в мышцах.

Вибрация

Вибрация относится к одним из наиболее вредных ОВПФ.

Согласно [17] вибрация по характеру воздействия на организм человека делится на общую и локальную.

Общая вибрация приложена к опорным поверхностям тела человека в положении стоя или сидя, когда вибрация вызывает вибрационное воздействие на весь организм.

Локальная высокочастотная вибрация, обычно, воздействует на отдельные части тела человека, т. е. на руки и ноги. При этом важное значение имеет частота вибрации. Наиболее опасен для человека диапазон частот колебаний 6...9 Гц, т.к. они совпадают с собственной частотой внутренних органов. Такие колебания могут вызвать механические повреждения или, даже, разрыв внутренних органов.

При воздействии на человека общей вибрации с частотой более 1 Гц могут возникать стойкие нарушения опорно-двигательного аппарата, центральной и периферической нервной системы, а также других органов. Они выражены в виде головных болей, головокружения, ухудшения сна, снижении работоспособности и т.д.

Для снижения вредного воздействия производственной вибрации на человека введено гигиеническое и техническое ее нормирование.

При гигиеническом нормировании производят ограничение параметров вибрации рабочих мест и поверхности контакта с руками работающих, исходя из физиологических требований, исключающих возникновение вибрационной

болезни.

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.

Организационно-технические мероприятия по устранению (снижению) негативного влияния ОВПФ на сварочном участке

Организационные мероприятия

Организационные мероприятия являются первичным и важными для предупреждения возникновения опасных ситуаций на сварочном участке.

Для обеспечения безопасности и охраны труда необходимо проводить инструктаж членов студенческой команды, работающих над гоночным болидом. Кроме того, необходимо проводить ознакомление работников с производственной санитарией, противопожарной охраной и иными нормативными актами по безопасности, действующими на территории университета.

Различают следующие виды инструктажа по технике безопасности:

- 1) Вводный инструктаж — назначается для тех работников, которые вновь поступили на предприятие, а также для командированных и учащихся (студентов), прибывших на практику. Его проводит инженер по охране труда;
- 2) Первичный инструктаж — проводится непосредственно на рабочем месте для всех сотрудников, вновь принятых на предприятие, переведенных из одного подразделения в другое, командированными и т. д.;
- 3) Повторный инструктаж — это инструктаж, который проводится не реже чем через 6 месяцев после проведения первого инструктажа. Его целью является восстановление в памяти сотрудника правил по охране труда, а также разбор конкретных нарушений из практики предприятия;
- 4) Внеплановый инструктаж — это инструктаж, который проводят при

изменении техпроцесса, изменении правил по охране труда, внедрении нового оборудования, возникновении чрезвычайного происшествия.

Важное значение для обеспечения безопасности труда имеет профессиональный отбор членов команды, целью которого является выявление лиц, непригодных по своим физическим и антропометрическим данным к участию в том или ином техпроцессе.

На работников (участников команды) возлагаются также обязанности: соблюдение инструкций по охране труда, установленных требований обращения с машинами и механизмами и пользования средствами индивидуальной защиты (СИЗ).

Рабочий день длится с 8³⁰ до 17⁰⁰, с обеденным перерывом с 11⁴⁵ до 12³⁰.

Рабочая неделя составляет 5 рабочих дней в неделю. При необходимости выполнения задания в срок и по двухсторонней договоренности суббота может являться рабочим днем. Воскресенье – выходной день.

Для поддержания оптимальной работоспособности и сохранения здоровья членов команды на протяжении рабочей смены необходимо вводить регламентированные перерывы через 2 часа от начала рабочей смены и через 1,5...2,0 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый или продолжительностью 10 минут через каждый час работы.

Во время регламентированных перерывов с целью снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления глаз, устранения влияния гиподинамии и гипокинезии, предотвращения развития утомления необходимо выполнять комплексы физкультурных упражнений общего воздействия или физкультурных пауз. В этих целях следует оборудовать специальную комнату психологической разгрузки. Рекомендуется в эти паузы включать спокойную негромкую музыку.

Планировочные мероприятия

Размещение производственного оборудования на участке сварки каркаса гоночного болида должно отвечать требованиям действующих нормативно-

правовых актов и обеспечивать последовательность операций технологического процесса.

Размещение производственно-технологического оборудования, исходных компонентов, листового и фасонного проката, материалов, деталей, узлов и агрегатов, отходов и тары в производственных помещениях и на рабочих местах не должно представлять опасности для сотрудников.

Расстановка технологического оборудования и расстояния между ними и стенами должны соответствовать требованиям действующих норм технологического проектирования, строительным нормам и правилам.

Расстановка оборудования должна быть отражена на соответствующей планировке, согласованной с органами противопожарного надзора и иными организациями в сфере охраны труда.

Размещение технологического и вспомогательного оборудования также, должно осуществляться с учетом необходимости обеспечения транспортных проездов и максимальной ширины провозного груза.

Загромождение рабочих мест, проездов, проходов различными материалами, узлами и агрегатами не допускается.

Обустройство рабочих мест должно учитывать удобство работы и безопасные высокопроизводительные условия труда.

Инструмент, оснастка, приспособления и составные части каркаса гоночного болида должны располагаться в непосредственной близости от работника: то, что берется левой рукой — слева от него, правой рукой — справа.

Хранение материалов и заготовок должно обеспечивать их устойчивость и удобство захвата при использовании грузоподъемных механизмов.

Верстак для подготовки деталей к сварке должен иметь жесткую и прочную конструкцию. Для предохранения работающих от отлетающих частей при работе верстак следует оборудовать предохранительными сетками высотой не менее 750 мм и с размером ячеек не более 3 мм.

Устанавливать верстак вплотную у стены допускается только в том случае, если поблизости не размещены радиаторы отопления, трубопроводы и иное оборудование.

Отходы по типам должны храниться в специализированной таре. Пыль от работы с угловой шлифовальной машиной и заточным станком должны собираться и храниться в баке, имеющем закрывающуюся крышку.

Технические мероприятия

Наиболее эффективным средством обеспечения чистоты и допустимых параметров воздуха рабочей зоны на участке сварки является приточно-вытяжная вентиляция, заключающаяся в удалении из помещений загрязнённого и нагретого воздуха и подаче в него свежего.

По способу перемещения воздуха вентиляцию разделяют на три вида:

- 1) естественную (посредством проветривание или аэрации);
- 2) механическую;
- 3) комбинированную.

Для поддержания необходимого микроклимата на участке сварки предусмотрена искусственная (механическая) общеобменная вентиляция, так же существует и организованный естественный воздухообмен (аэрация) с помощью въездных ворот и оконных форточек.

Для защиты работников команды «Формул Студент» от лучистой теплоты, выделяемой перегретыми предметами (детали после сварки и т. д.) необходимо применять тепловые экраны.

С целью обеспечения необходимой освещённости участок сварки оборудован системой совмещённого освещения, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным (потолочные светильники). На участке сварки каркаса также оборудовано рабочее освещение предназначенное для нормального выполнения технологических операций по сварке каркаса и сопряженных с этим заготовительных операций.

Для снижения вредного влияния вибрации необходимо активно использовать вибродемпфирование и виброгашение. Первый из этих процессов основан на уменьшении уровня вибрации защищаемого объекта путём превращения энергии механических колебаний данной колеблющейся системы в тепловую энергию (например, за счет применения резины). Второй — основан на снижении вибрации за счет установки виброактивного оборудования на фундамент.

Для борьбы с шумом на участке сварки пользуются средствами индивидуальной защиты (наушники или беруши).

Для защиты глаз и лица от летящих искр при обработке деталей с помощью УШМ необходимо использовать защитные маски и очки.

Также, для защиты работников от вредного воздействия результатов сварочных работ рекомендуется применять плотную специализированную одежду, перчатки, головной убор и специальную обувь.

Обеспечение электробезопасности на участке сварки

К источникам электрической опасности на участке сварки относятся электрические розетки 220В и электрические шкафы, расположенные поблизости.

К причинам поражения электрическим током можно отнести:

- 1) случайное прикосновение к токоведущим частям питающего электрооборудования, находящимся под напряжением в результате неисправности защитных средств, к которыми работник прикасался;
- 2) внештатное появление напряжения на токопроводящих элементах оборудования из-за:
 - повреждение изоляции токоведущих частей;
 - замыкание фазы сети на землю;
 - падение провода, находящегося под напряжением, на конструктивные части оборудования.

- 3) появления напряжения на выключенных токоведущих частях из-за:
- ошибочного включения отключенной установки;
 - замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями;
 - разряда молнии на электрооборудование.
- 4) возникновение напряжения шага на участке земли, где находится работник из-за:
- замыкания фазного провода на землю;
 - выноса потенциала протяжённым металлическим предметом;
 - неисправностью или обрывом в устройстве защитного заземления.

Участок сварки следует отнести к помещениям с повышенной опасностью - 2 класс, так как на участке возможно прикосновение работающих к электрооборудованию и металлоконструкциям здания или инженерному оборудованию имеющему связь с землёй.

К этой группе помещений относятся, также, механические цеха и участки с нормальной температурой, влажностью без выделения пыли, но с токопроводящими полами.

Для защиты работников команды «Формула Студент», работающих на участке сварки от электрической опасности, оборудование подключенное к электрической сети имеет защитное заземление или защитное зануление.

Инженерные расчёты

Расчет искусственного освещения

Выполним расчет искусственного освещения на участке сварки. Так как участок расположен в аудитории Д-211, совмещенной с лабораториями кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», то в качестве источника света выбираем электрические газоразрядные лампы, как наиболее экономичные и удобные в эксплуатации.

Количество светильников определяется по формуле [20]:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi \cdot \text{коэф} \cdot \Pi_{\lambda}}, \quad (5)$$

где E – минимальная нормируемая освещённость, лк (Минимальная освещённость участка сварки должна быть не менее 300 лк);

S – площадь помещения, м;

k – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников ($k = 1,5$);

z – отношение средней освещённости к минимальной (принимаем данный показатель $z = 1,1$);

Φ – световой поток одной лампы, лм;

коэф- коэффициент использования светового потока;

Π_{λ} – количество ламп в светильнике.

Принимаем тип лампы: газоразрядная люминесцентная ЛД 80-4, световой поток $\Phi=4250$ лм, мощность 80 Вт, продолжительность горения 10000 ч.

Определяем индекс участка сварки (см. рис. 5.1):

$$i = b \cdot l / [h \cdot (b + l)], \quad (6)$$

где b – ширина участка сварки, (6 м);

l – длина участка сварки, (12 м);

h – высота участка сварки, (4 м).

$$i = 6 \cdot 12 / [4 \cdot (6 + 12)] = 1,00$$

Подбираем тип светильника, учитывая состав воздушной среды.

Так как помещение, в котором расположен участок сварки каркаса является сухим нормальным, то выбираем марку светильника ОД.

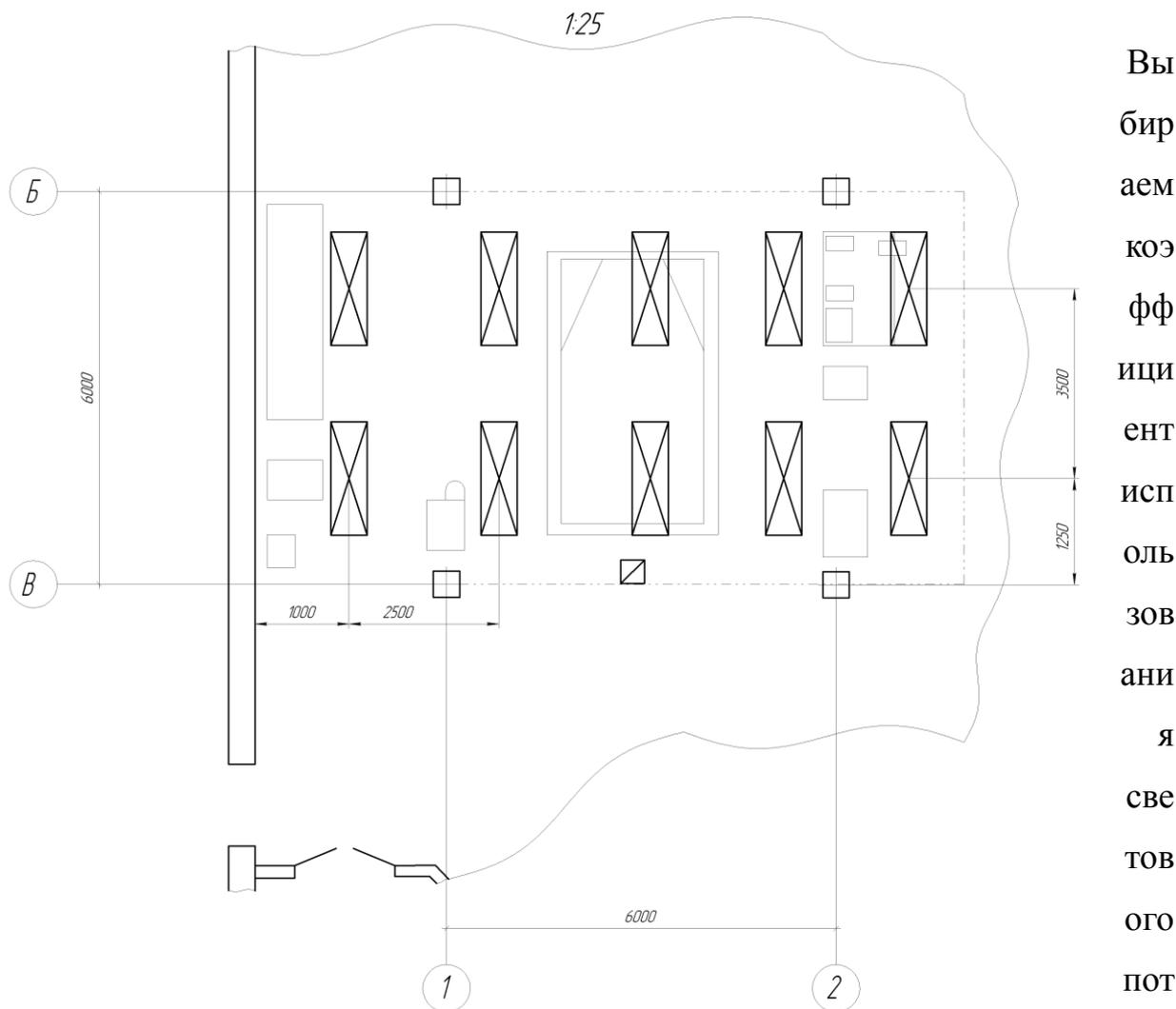


Рис.28. Проектировочная схема расположения светильников на участке ока сварки

При расчетном индексе помещения (участка сварки) $i=1,00$, значение коэффициента использования светового потока светильников с люминесцентными лампами $\eta=43\%$.

Необходимое количество светильников с учётом количества ламп в светильнике $P_{\lambda} = 2$.

$$N = \frac{300 \cdot (6 \cdot 12) \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4250 \cdot 0,43 \cdot 2} = 9,75 \approx 10 \text{ шт.}$$

После расчёта необходимого количества светильников для участка сварки разрабатываем проектировочную схему расположения светильников (рис. 5.2) и указываем расстояние от крайних светильников до стен (l); и расстояние между

соседними светильниками (L). Величину L – принимаем равной 2,5 м. Величину l – принимаем равной 1 м.

Расчёт механической вентиляции участка сварки

Рассчитаем параметры потребного воздухообмена W из условий необходимости удаления из помещения выдыхаемого работниками углекислого газа CO_2 (G) [20].

На участке сварки работает команда студентов из 5-6 человек. Работа лёгкая по степени физической тяжести. Пребывание работников можно считать постоянным.

Находим параметры, необходимые для определения необходимого воздухообмена:

$$W = \frac{G}{(x_2 - x_1)}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (7)$$

где $G = G_r \cdot P = 45 \cdot 6 = 270$ г/ч — объем выдыхаемого углекислого газа всеми работниками;

G_r – выдыхаемая концентрация; г/ч; л/ч (при легкой физической работе 45; 30);

x_1 – концентрация CO_2 в приточном воздухе г/кг, л/м³ (в городах 0,90; 0,60);

x_2 – допустимая концентрация CO_2 в воздухе помещений постоянного пребывания людей (1,5; 1,0).

$$W = 270 / (1,5 - 0,9) = 450 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Таким образом, на участке сварки следует обеспечить воздухообмен не менее рассчитанного потребного ($W=450 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Обеспечение пожарной безопасности технического объекта (участка сварки)

Выполним идентификацию источников потенциального возникновения

класса пожара и выявленных опасных факторов пожара на участке сварки каркаса.

Возникающие пожары принято классифицировать по виду горючих материалов и подразделять на следующие классы:

- 1) пожары, связанные с горением твердых горючих веществ и конструкционных материалов (А);
- 2) пожары, связанные с воспламенением и горением жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В);
- 3) пожары, связанные с воспламенением и горением газов (С);
- 4) пожары, связанные с воспламенением и горением металлов (D);
- 5) пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е);
- б) пожары радиоактивных веществ материалов и радиоактивных отходов (F).

К опасным факторам пожара, которые воздействуют на людей и материальное имущество организации, относятся:

- пламя и искры;
- тепловой поток;
- повышенная температура окружающей среды;
- повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- пониженная концентрация кислорода;
- снижение видимости в дыму (в задымленных пространственных зонах).

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

- 1) образующиеся в процессе пожара осколочные фрагменты, крупногабаритные части разрушившихся строительных зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, энергетического оборудования, технологических установок, производственного и инженерно-технического оборудования, агрегатов и трубопроводных

- систем нефте-газо-амиакопроводов, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов и иного имущества;
- 2) образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества горящего технического объекта;
 - 3) вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
 - 4) опасные факторы взрыва возникающие вследствие происшедшего пожара;
 - 5) негативные термохимические воздействия, используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей.

Результаты идентификации опасных факторов пожара оформляем в виде таблицы 5.4.

Таблица 7 - Опасные факторы пожара на участке сварки каркаса

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Сварочный	Сварочный аппарат	A	Искры и брызги раскаленного металла	Негативное воздействие на сварщика
2	Сварочный	Угловая шлифовальная машина, заточной станок	A	Искры от абразива и металла	Негативное воздействие на сварщика

Помещение участка сварки каркаса гоночного болида можно отнести к категории «Г» по взрывопожарной и пожарной безопасности из-за наличия негорючих веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени.

Согласно [16] при возгорании в подобных помещениях необходимо использовать в зависимости от класса пожара средства пожаротушения: класс «Е» (электроустановки) — порошковые противопожарные вещества и углекислый газ, класс «А» (твердые горючие материалы) и «В» (плавящееся при нагревании материалы) — пена, порошки, распылённая вода. В помещениях категории «В» можно использовать стационарные автоматические установки пожаротушения.

Так как помещение участка сварки совмещено с другими участками, в том числе с электрооборудованием для проектирования и компьютерного моделирования (мониторы, персональные компьютеры, принтеры), наиболее частые причины возникновения пожаров сопряжены с электричеством:

- короткие замыкания, кратковременные перегрузки, искрения от повреждения защитной изоляции (это приводит к нагреванию проводников до температуры воспламенения изоляции);
- электрическая дуга, которая возникает между токопроводящими контактами коммутационных аппаратов (разъединителей, рубильников), не предназначенных для размыкания значительных токов;
- плохое состояние контактов в местах соединения проводов и их сильный нагрев вследствие большого переходного сопротивления при протекании электрического тока;
- искрение внутри электрических машин и установок, возникновение разрядов статического электричества;
- неисправность (внутренние замыкания) в обмотках электродвигателей электрооборудования, шлифовального станка и др.

Весь комплекс мероприятий по противопожарной защите делится на: организационные, эксплуатационные, технические и режимные. Так как на участке сварки есть вероятность возникновения пожароопасных ситуаций, то необходимо применять соответствующие профилактические меры.

Противопожарная профилактика при эксплуатации электрооборудования

и электронных приборов заключается в следующем:

- содержание электроизоляции токоведущих частей электроустановок в надлежащем исправном состоянии;
- предохранении защитной изоляции от теплового, механического и иного вредного воздействия окружающей среды с помощью прокладки проводки в трубах, защите изоляции проводов и кабелей от вибрационных нагрузок;
- предохранение открытых токоведущих частей (с помощью ограждений) от попадания на них посторонних металлических и других предметов;
- обустройство различных блокировок с целью исключения ошибочных действий при выполнении работы;
- соблюдение работниками инструкций по безопасности и др.

При проведении ремонтно-восстановительных работ на электрических сетях необходимо строго соблюдать правила пожарной безопасности. Состояние контактов токопроводящих частей должно подвергаться периодической проверке, так как их ослабление в местах соединения может привести к локальному нагреву, а затем к нагреву всего провода и, как следствие, к нагреву изоляции выше допустимых температур.

Надежная работа электронной аппаратуры обеспечивается только в определенных интервалах температур, влажности и иных условий окружающей среды. Вследствие вероятных отклонений этих параметров среды электронные изделия часто являются источниками открытого пламени и высоких температур.

Для ликвидации возникающих очагов пожара силами работников, участок должен быть обеспечен по действующим нормам первичными средствами пожаротушения, пожарным ручным инструментом и пожарным инвентарем. Для тушения электрических устройств под напряжением до 10 кВ необходимо применять углекислотные (ОУ-2, ОУ-5 и др.) или углекислотно-бромэтиловые огнетушители (ОУБ-3, ОУБ-7 и др.), обладающие диэлектрическими свойствами.

Участок сварки и сопряженные с ним помещения должны быть оборудованы охранно-пожарной сигнализацией, извещающей органы пожарной охраны (предприятия, города) о пожаре и месте его возникновения. Работа такой системы должна обеспечиваться автоматической (при помощи датчиков-извещателей задымления) или неавтоматической (нажатием кнопки) пожарной сигнализацией, а так же при помощи радио- и телефонной связи, которая реализована в зданиях Тольяттинского Государственного Университета.

Подобранные технические средства обеспечения пожарной безопасности на участке сварки каркаса оформляем в виде таблицы 5.5.

Таблица 8 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	СИЗ и средства спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарная сигнализация, связь и оповещение
1	2	3	4	5	6	7	8
Лопаты, ведра, песок, огнетушители ОУ-5	Пожарный автомобиль	Пожарный гидрант	Автоматические электрические размыкатели	Противопожарный стенд	Респираторы, противогазы, система дымоудаления	Пожарный рукав с брандсбойтом	Автоматическая пожарная сигнализация, совмещенная с охранными функциями

Организационные мероприятия по пожарной безопасности на участке сварки оформляем в виде таблицы 5.6.

Таблица 9 - Организационные мероприятия по пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого	Наименование видов реализуемых организационных	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению
---	--	---

оборудования в составе технического объекта	(организационно- технических) мероприятий	пожарной безопасности, реализуемые эффекты
1	2	3
Сварка каркаса	Инструкция по пожарной безопасности для сварщиков	Выполнение сварочных работ в четком соответствии с требованиями со стороны стандартов
Сварка каркаса, раскрой материала	Информационный стенд по пожарной безопасности	Информирование всех сотрудников, находящихся в зоне участка сварки об основах пожарной безопасности

Обеспечение экологической безопасности на участке сварки

Выполним идентификация негативных (вредных, опасных) экологических факторов, возникающих при реализациях производственно-технологического процесса сварки каркаса, и/или возникающих при последующей эксплуатации спроектированного (модернизированного) изделия.

Основными видами отходов, влияющих на экологическую безопасность на участке сварки являются твердые отходы (металлическая стружка, лом), опилки и абразивная пыль.

В настоящее время широко используются различные установки и системы для сбора промышленных и бытовых отходов и последующей их переработки.

С целью повышения эффективности переработки отходов, необходимо осуществлять их сортировку. В ряде зарубежных европейских стран сортировка по типам материалов уже давно используется как в общебытовых, так и в промышленных масштабах. Это позволяет получить вторичное сырье, имеющее значительно меньшую себестоимость.

Сортировка металлических отходов позволяет получить более

качественное вторичное сырье. Особенно, это важно для цветных сплавов и исключения попадания в них черных металлов.

Для четкой регламентации работы по переработке и сортировке отходов существует ряд природоохранных стандартов.

При выполнении первичной переработки металлических отходов, как правило, выполняют их сортировку, разделку и механическую обработку. Сортировка в данном случае заключается в разделении лома и отходов по видам металлов, в том числе и по магнитным свойствам.

Механическая обработка металлоотходов включает в себя рубку, резку, пакетирование и брикетирование отходов с применением мощных прессов.

Самым современными направлениями, связанными с проблемой защиты от промышленных отходов являются безотходные и малоотходные технологии. При безотходной технологии практически полностью используются все компоненты сырья и энергия в своем замкнутом цикле.

Малоотходная технология — это своеобразная промежуточная стадия при создании наиболее перспективного безотходного производства. При малоотходном производстве вредное воздействие на среду не превышает уровня допустимого санитарными органами.

Идентифицированные негативные экологические факторы оформляем в виде таблицы 5.7.

Таблица 10 - Идентифицированные негативные экологические факторы на участке сварки

Наименование технического объекта,	Структурные составляющие технического	Негативное экологическое воздействие	Негативное экологическое воздействие	Негативное экологическое воздействие
--	---	--	--	--

производственно-технологического процесса	объекта, производственно-технологического процесса	технического объекта атмосферу (выбросы воздушную окружающую среду)	технического на объекта гидросферу в (образующие сточные воды забор воды источников водоснабжения)	технического на объекта литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Участок сварки	Сварочное оборудование, расходные материалы	Вредные выбросы газов, выделяемых в процессе сварки	Загрязнение сточных продуктами, образуемыми после сварки	Опилки, шлам и водные твердые неразлагаемые отходы, загрязняющие землю

Разработанные мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия участка сварки на окружающую среду представлены в таблице 5.8.

Таблица 11 - Мероприятия по снижению негативного антропогенного влияния

Наименование технического объекта	Участок сварки
Мероприятия по снижению негативного воздействия на атмосферу	Внедрение пылеулавливателя в систему вентиляции участка сварки
Мероприятия по снижению негативного воздействия на гидросферу	Соблюдение мер по недопущению попадания частиц абразива и иных вредных веществ в сточные воды
Мероприятия по снижению негативного воздействия на литосферу	Обеспечение сортировки и утилизации отходов от работы участка сварки (металлической стружки и опилок)

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность»

В результате работы над данным разделом выявлены следующие аспекты:

- 1) в данном разделе приведены характеристики производственно-технологического процесса сварки каркаса гоночного болида на участке

- сварки;
- 2) проведена идентификация профессиональных рисков по производственно-технологическому процессу сварки каркаса гоночного болида;
 - 3) разработаны различные мероприятия по снижению профессиональных рисков на данном участке;
 - 4) проведены расчеты освещенности и вентиляции на участке сварки;
 - 5) определена категория пожароопасности участка - «Г» и предложены мероприятия по предотвращению пожароопасных ситуаций;
 - 6) определена категория участка по электробезопасности – «2 класс» (помещение повышенной опасности) и разработаны мероприятия по предотвращению поражения электрическим током;
 - 7) проведено описание действий в случае возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций на участке сварки.

При соблюдении выполнения разработанных мероприятий данный участок сварки можно считать безопасным для человека и окружающей среды.

Эффективность проекта

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.

Целью модернизации является сохранение и, даже повышение крутильной жесткости каркаса гоночного болида при одновременном снижении его массы за счет определения наименее нагруженных компонентов каркаса и снижении их толщины. Поставленная перед студенческой командой «Формула Студент» задача была выполнена: крутильная жесткость выросла на 5...10% при одновременном снижении массы на 12%: масса каркаса гоночного болида 2016 года выпуска составляет 34 кг, а масса нового каркаса для гоночного болида 2017 года составляет 30 кг.

Повышение крутильной жесткости и снижение массы каркаса позволит команде «Формула Студент» Тольяттинского Государственного Университета получить конкурентные преимущества перед другими командами, так как достигнутые показатели позволяют:

- 1) повысить динамику разгона и сократить время прохождения одного круга гоночной трассы;
- 2) повысить управляемость гоночного болида за счет улучшения эластокинматики управляемых колес.

Определение себестоимости каркаса гоночного болида

Исходные данные

Все необходимые исходные данные для определения себестоимости каркаса гоночного болида «Формула Студент» 2017 заносим в таблицу 6.1. Данные, приведенные в таблице 6.1 актуальны на апрель месяц 2007 года.

Таблица 12 - Исходные данные для определения себестоимости каркаса

№	Наименование показателей	Условное обозначение	Единица измерения	Значение показателя
1	2	3	4	5
1	Годовая программа выпуска каркасов гоночного болида	$V_{\text{годов.}}$	шт.	1
2	Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС	$K_{\text{св}}$	%	30
3	Коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию основного оборудования	$E_{\text{оборуд}}$	%	194
4	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{\text{тр.-заг.расх.}}$	%	1,45
5	Коэффициент накладных затрат	$E_{\text{цехов}}$	%	183
6	Коэффициент расходов на инструмент и оснастку	$E_{\text{инстр.}}$	%	3
7	Коэффициент рентабельности и плановых накоплений	$K_{\text{рентаб.}}$	%	30
8	Коэффициент доплат и выплат, не связанных с работой на производстве	$K_{\text{допл.}}$	%	12
9	Коэффициент премий и доплат за работу на производстве	$K_{\text{прем.пр}}$	%	23
10	Коэффициент возвратных отходов	$K_{\text{возвр.}}$	%	1
11	Часовая тарифная ставка рабочего:	$C_{\text{разрi}}$	руб/час	
	3 разряд			66,71
	4 разряд			72,24
	5 разряд			79,89
12	Коэффициент капиталообразующих инвестиций	$K_{\text{инвест}}$	%	10

Определение статьи затрат «Сырье и материалы»

Затраты на «Сырье и материалы», необходимые для изготовления каркаса гоночного болида определяем по формуле:

$$M = C_{mat} \cdot Q_{mat} \cdot \left(1 + \frac{K_{тр.-заг.расх.} - K_{возвр.}}{100} \right), \quad (8)$$

где C_{mat} — оптовая цена сырья или материала, руб.;

Q_{mat} — норма расхода определяемого сырья или материала, кг.

Выполним расчет стоимости сырья и материалов, применяемых при изготовлении каркаса гоночного болида и полученные показатели оформим в виде таблицы 6.2.

Таблица 13 - Затраты на материалы

№	Наименование (марка) материала или сырья	Норма расхода материала (сырья)	Единица измерения расхода материала (сырья)	Средняя стоимость материала (сырья), руб	Сумма, руб
1	2	3	4	5	6
1	Труба 25x2,5 ГОСТ 8734-75	4,0	кг	149	596
2	Труба 25x1,8 ГОСТ 8734-75	21,5	кг	146	3139
3	Труба 14x2,0 ГОСТ 8734-75	2,5	кг	140	350
4	Лист 1000x500x2,0 ГОСТ 19904-90	1,0	кг	45	45
5	Проволока сварочная СВ08Г2С 1,2 мм	1,0	кг	125	125
				Итого:	4255
				Транспортно-заготовительные расходы	61,7
				Возвратные отходы	42,55
				Всего:	4359,25

Определение статьи затрат «Покупные изделия и полуфабрикаты»

Затраты на покупные компоненты для изготовления каркаса гоночного болида определяем по формуле:

$$P_{\text{покуп.изд.}} = C_{\text{покуп.изд.}} \cdot n_{\text{покуп.изд.}} \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{тр.-заг.расх.}}}{100} \right), \quad (9)$$

где $C_{\text{покуп.изд.}}$ — оптовая цена покупных изделий для изготовления каркаса, руб.;

$n_{\text{покуп.изд.}}$ — количество покупных изделий для изготовления каркаса, шт.

Выполним определение затрат по каждому из покупных изделий и оформим в виде таблицы 6.3.

Таблица 14 - Затраты на покупные изделия

№	Наименование покупного изделия	Потребное кол-во, шт.	Средняя оптовая цена за шт., руб	Сумма, руб
1	2	3	4	5
1	Гайка М8-6Н DIN 929	8	3,05	24,4
	ИТОГО:			24,4
	Транспортно-заготовительные расходы			0,35
	ВСЕГО:			24,75

Определение статьи затрат «Основная заработная плата»

Затраты на основную заработную плату работников, занятых изготовлением каркаса гоночного болида определяем по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тариф}} \cdot \left(1 + \frac{K_{\text{прем.пр}}}{100} \right), \quad (10)$$

где $Z_{\text{тариф}}$ — заработная плата работника по тарифу, руб.

Значение заработной платы по тарифу определяется по формуле:

$$Z_{\text{тариф}} = C_{\text{разр}} \cdot T_{\text{оп.и}}, \quad (11)$$

где $C_{\text{разр}}$ — часовая тарифная ставка рабочего, руб. (см. табл.6.1);

$T_{\text{оп.и}}$ — трудоемкость выполнения конкретной операции, час.

При анализе значений трудоемкостей на изготовление каркасов гоночных болидов 2016 и 2017 годов приходим к выводу, что в целом, структура и содержание технологических операций для сварки каркаса гоночного болида

«Формула Студент» 2017 года будут схожими с техпроцессом предыдущего года. Выполним определение затрат на основную заработную плату по каждой операции сварки каркаса и оформим в виде таблицы 6.4.

Таблица 15 - Затраты на основную заработную плату

№	Вид технологической операции	Разряд выполняемой работы	Трудоемкость операции, чел-час	Часовая тарифная ставка, руб/час	Тарифная зарплата, руб.
1	2	3	4	5	6
1	Заготовительная	3	1,25	66,71	83,39
2	Токарная	4	0,9	72,24	65,02
3	Фрезерная	3	1,55	66,71	103,4
4	Сварочная	5	1,8	79,89	143,8
5	Шлифовальная	3	0,3	66,71	20,01
6	Сборочная	5	0,4	79,89	31,96
7	Контрольная	4	0,1	72,24	7,22
ИТОГО:					454,8
Премияльные доплаты (коэффициент - см. табл.6.1)					104,6
ВСЕГО:					559,4

Определение статьи затрат «Дополнительная заработная плата»

Затраты на дополнительную заработную плату работников, занятых изготовлением каркаса гоночного болида определяем по формуле:

$$Z_{допол} = Z_{осн} \cdot K_{допл} . \quad (12)$$

Используя ранее определенные значения получаем для проектного варианта каркаса гоночного болида:

$$Z_{допол}^П = 559,40 \cdot 0,12 = 67,13 \text{ руб} .$$

Определение статьи затрат «Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС»

Затраты в виде страховых взносов в ПФР, ФОМС и ФСС определяем по формуле:

$$C_{\text{взнос}} = \frac{(3_{\text{осн}} + 3_{\text{допол}}) \cdot K_{\text{св}}}{100} . \quad (13)$$

Используя ранее определенные значения получаем для проектного варианта каркаса гоночного болида:

$$C_{\text{взнос}}^{\text{П}} = \frac{(559,40 + 67,13) \cdot 30}{100} = 187,96 \text{ руб} .$$

Определение статьи затрат «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования»

Затраты на статью затрат, связанную с содержанием и эксплуатацией оборудования определяем по формуле:

$$C_{\text{содерж.экспл}} = 3_{\text{осн}} \cdot \frac{E_{\text{оборуд}}}{100} . \quad (14)$$

Используя ранее определенные значения получаем для проектного варианта каркаса гоночного болида:

$$C_{\text{содерж.экспл}}^{\text{П}} = \frac{559,40 \cdot 194}{100} = 1085,24 \text{ руб} .$$

Определение статьи затрат «Накладные затраты»

Затраты на статью затрат, связанную с цеховыми расходами определяем по формуле:

$$C_{\text{цехов}} = 3_{\text{осн}} \cdot \frac{E_{\text{цехов}}}{100} . \quad (15)$$

Используя ранее определенные значения получаем для проектного варианта каркаса гоночного болида:

$$C_{\text{цехов}}^{\text{П}} = \frac{559,40 \cdot 183}{100} = 1023,70 \text{ руб} .$$

Определение статьи затрат «Расходы на инструмент и оснастку»

Затраты на статью затрат, связанную с расходами на основной и вспомогательный инструмент, а также оснастку определяем по формуле:

$$C_{инстр} = 3_{осн} \cdot \frac{E_{инстр}}{100} . \quad (16)$$

Используя ранее определенные значения получаем для проектного варианта каркаса гоночного болида:

$$C_{инстр}^П = \frac{559,40 \cdot 3}{100} = 16,78 \text{ руб} .$$

Определение себестоимости каркаса болида

Себестоимость каркаса гоночного болида определяется по формуле:

$$C_{цех.себ} = M + П_{покуп.изд.} + 3_{осн} + 3_{допол} + C_{взнос} + C_{содерж.эксп} + C_{цехов} + C_{инстр} . \quad (17)$$

Используя ранее определенные значения получаем для проектного варианта каркаса гоночного болида:

$$C_{цех.себ}^П = 4359,25 + 24,75 + 559,4 + 67,13 + 187,96 + 1085,24 + 1023,7 + 16,78 = 7324,21 \text{ руб}$$

Определение отпускной цены для базового и проектируемого каркасов

Полная стоимость изготовления каркаса гоночного болида определяется по формуле:

$$Ц_{ОП} = C_{цех.себ}^Б \cdot \left(1 + \frac{K_{РЕНТ}}{100} \right) . \quad (18)$$

Используя ранее определенные значения получаем для проектного варианта каркаса гоночного болида:

$$Ц_{отпускн}^{П,Б} = 7324,21 \cdot (1 + 0,3) = 9521,47 \text{ руб} .$$

Затраты на производство базового и проектируемого каркасов гоночного болида «Формула Студент» представим в виде таблицы 6.5.

Таблица 16 - Затраты на производство базового и проектируемого каркасов

№	Наименование показателя	Условное обозначение	Затраты на один каркас, руб.
---	-------------------------	----------------------	------------------------------

1	2	3	Каркас 2016 года (базовый)	Каркас 2017 года (проектный)
1			4	5
1	Стоимость основных материалов	M	4848,2	4359,25
2	Стоимость комплектующих изделий	$P_{покуп.изд.}$	26,25	24,75
3	Основная зарплата производственных рабочих	$Z_{осн}$	580,2	559,4
4	Дополнительная зарплата производственных рабочих	$Z_{допол}$	69,62	67,13
5	Отчисления на соц. нужды	$C_{взносы}$	194,95	187,96
6	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	$C_{содержж.экспл}$	1125,59	1085,24
7	Цеховые расходы	$C_{цехов}$	1061,77	1023,71
8	Расходы на инструмент и оснастку	$C_{инстр}$	17,41	16,78
9	Себестоимость каркаса	$C_{цех.себ}$	7923,98	7324,22
10	Отпускная цена	$Ц_{ОТП}$	9521,47	9521,47

Определение точки безубыточности проекта

Так как гоночный болид «Формула Студент» является уникальным изделием, изготавливаемым в единственном экземпляре, конструкция которого из года в года претерпевает усовершенствование, то определение точки безубыточности по данной методике не выполняем.

Определение эффективности проекта

Т.к. выполнение раздела 6.2 не имеет смысла из-за уникальности и штучности изделия, то раздел 6.3 выполняем по упрощенной схеме. Однако, следует отметить, что одним из ключевых показателей эффективности проекта является выполнение целевого бюджета на проектирование и изготовление гоночного болида. При этом достижение хороших показателей по крутильной жесткости и снижению массы позволяет задействовать сэкономленные средства

на другие работы или приобретение более эффективных компонентов для изготовления гоночного болида «Формула Студент».

Определение налогооблагаемой прибыли

Определяем налогооблагаемую прибыль по формуле:

$$Pr_{обл.} = Ц_{ОТП} - C_{цех.себ} . \quad (19)$$

Получаем:

$$Pr_{обл.}^B = 9521,47 - 7923,98 = 1597,49 \text{ руб} .$$

$$Pr_{обл.}^П = 9521,47 - 7324,22 = 2197,25 \text{ руб} .$$

Определение налога на прибыль

Определяем налог на прибыль по формуле:

$$H_{пр.} = Pr_{обл.} \cdot 0,20 . \quad (20)$$

Получаем:

$$H_{пр.}^B = 1597,49 \cdot 0,20 = 319,49 \text{ руб} .$$

$$H_{пр.}^П = 2197,25 \cdot 0,20 = 439,45 \text{ руб} .$$

Определение чистой прибыли

Определяем чистую прибыль по формуле:

$$Pr_{ч.} = Pr_{обл.} - H_{пр.} . \quad (21)$$

Получаем:

$$Pr_{ч.}^B = 1597,49 - 319,49 = 1278,00 \text{ руб} .$$

$$Pr_{ч.}^П = 2197,25 - 439,45 = 1757,80 \text{ руб} .$$

Определение экономии, получаемой в результате снижения материалоемкости

Экономия вследствие снижения материалоемкости определяем по

формуле (данные берем из табл. 6.5):

$$\mathcal{E} = M^B - M^H . \quad (22)$$

Получаем:

$$\mathcal{E} = 4848,20 - 4359,25 = 488,95 \text{ руб} .$$

Определение текущего чистого дохода (накопленного сальдо)

Определяем величину текущего чистого дохода по формуле:

$$ЧД_i = Пр_q^H - Пр_q^B + A_M + \mathcal{E} . \quad (23)$$

Получаем:

$$ЧД = 1597,82 - 1278,01 + 994,41 + 488,95 = 1803,17 \text{ руб} .$$

Определение необходимости в капиталобразующих инвестициях

Определяем значение капиталобразующих инвестиций по формуле:

$$J_0 = K_{ИНВ} \cdot \sum C_{ПОЛi}^H . \quad (24)$$

Получаем:

$$J_0 = 0,119 \cdot 7324,27 = 871,59 \text{ руб} .$$

Определение чистого дисконтированного дохода

Определяем значение чистого дисконтированного дохода по формуле:

$$ЧДД = ЧД - J_0 . \quad (25)$$

Получаем:

$$ЧДД = 1803,17 - 871,59 = 931,58 \text{ руб} .$$

Определение индекса доходности

Определяем значение индекса доходности по формуле:

$$JD = \frac{ЧДД}{J_0} . \quad (26)$$

Получаем: $JD = \frac{931,58}{871,59} = 1,07$.

Определение срока окупаемости каркаса

Определяем значение срока окупаемости по формуле:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{J_0}{\text{ЧДД}} \cdot \quad (27)$$

Получаем: $T_{\text{окуп.}} = \frac{871,59}{931,58} = 0,93 \text{ года} .$

Все рассчитанные показатели сведем в общую таблицу (см. Приложение 10).

Выводы по разделу

В разделе «Эффективность проекта» выполнены расчеты по определению стоимости изготовления каркаса гоночного болида «Формула Студент» 2017 года. Себестоимость изготовления каркаса гоночного болида составляет 7324,22 руб., т. е. ниже себестоимости каркаса прошлого года на 7,5%.

Расчеты, связанные с определением точки безубыточности не выполнены в связи с тем, что проектируемое изделие является штучным и изготавливается один раз для участия в одноименных студенческих соревнованиях.

Однако, командный опыт и знания при проектировании и изготовлении каркасов гоночных болидов предыдущих лет позволил получить более прогрессивную конструкцию. Так, если сравнивать стоимость изготовления и параметры каркасов гоночных болидов в 2016 и в 2017 годах, то последний имеет ряд преимуществ: меньшую массу (30 кг против 34 кг — снижение на 12%) и большую крутильную жесткость (на 5...10% в зависимости от точки измерения).

Стоимость материалов снижена, т. к. марки и типы материалов, используемых для изготовления каркаса остались прежними (по сравнению с предыдущим годом). Изменилась только силовая структура, что и позволило получить экономию по массе.

Срок окупаемости проекта, по сравнению с вариантом каркаса

предыдущего года составляет 0,93 года.

Выводы

Как известно, современные инженерные подходы к проектированию позволяют значительно сократить сроки разработки конструкции и получить оптимальный результат при минимальных экономических издержках. В связи с этим работа, направленная на выполнение оптимизации силового каркаса гоночного болида Формула Студент 2017 является актуальной и востребованной.

В данной работе выполнен анализ прочности и жесткости силового защитного каркаса гоночного болида по ряду критериев четко регламентированных в нормативном документе — техническом регламенте.

Сопутствующими для выполнения исследовательской работы являлись: расчеты тягово-динамических свойств спортивного транспортного средства, анализ безопасности на участки сварки каркаса и разработка мероприятий по обеспечению безопасных условий труда, а также анализ себестоимости изготовления и экономической эффективности за счет снижения массы каркаса на 12% (масса текущего варианта составляет 30 кг).

Резюмируя вышесказанное можно отметить, что спроектированный с применением современных CAD и CAE технологий студенческой командой каркас имеет небольшую массу, стоимость и достаточные показатели по прочности и жесткости (максимальная деформация главной дуги составляет 21,1 мм при требуемом максимуме в 25 мм), обеспечивающие безопасность на трассе.

Список литературы

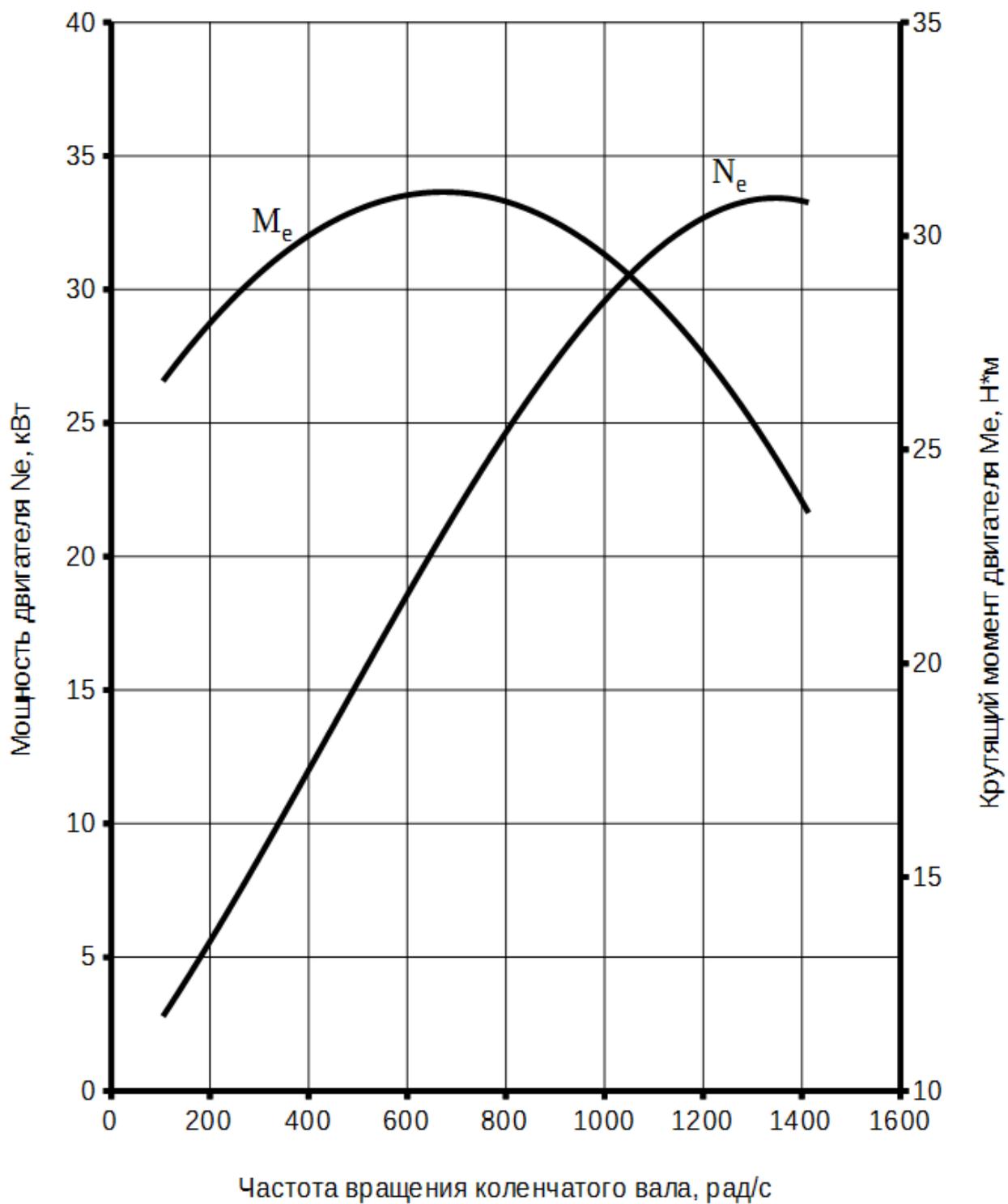
1. Кудрявцев С.М., Пачурин Г.В., Соловьев Д.В., Власов В.А. Основы проектирования, производства и материалы кузова современного автомобиля: монография / С.М. Кудрявцев [и др.]; под общей редакцией С. М. Кудрявцева. – Н. Новгород, 2010. – 236 с.
2. Лукин П.П., Гаспарянц, Г.А, Родионов В.Ф. Конструкция и расчет автомобиля. - М: Машиностроение, 1984. - 304 с.
3. Раймпель Й. Шасси автомобиля. / Сокр. пер. 1 тома нем. изд. В.П. Агапова; под ред. И.Н. Зверева. - М.: Машиностроение, 1983. - 356 с.
4. Теория и конструирование автомобилей / В.А. Илларионов и др. - М.: Машиностроение, 1992. - 416 с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. Т.3. - 8-е изд. Перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестоковой. - М.: Машиностроение, 2001 . - 864 с.
6. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн./ Под ред. П.И. Усачева.- 3-е изд., исправл.- М.: Машиностроение, 1988.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ Под ред. А.К. Косиловой; Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986.
8. Michael Costin - Racing and sports car chassis design. В.Т. Batsford Ltd, 1965. - 148 p.
9. <http://autoustroistvo.ru/nesuschaya-konstruktsiya/rama-avtomobilya/>
10. <http://fs-russia.com>
11. <http://systemsauto.ru>
12. <http://ansys.com>
13. http://docs.nevacert.ru/files/sanpin/sanpin_2.2.4.1191-03.pdf
14. http://www.medicinform.net/human/fisiology2_2.htm

15. <http://docs.cntd.ru/document/1200040973>
16. <http://base.garant.ru/2305928>
17. <http://kuvalda.ru>
18. ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»
19. Куликов О.Н., Ролин Е.И. Охрана труда при производстве сварочных работ. - М.: Академия, 2005. - 176 с.
20. Охрана труда в машиностроении. Е.Я. Юдин и др. / Под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1983. - 482 с.
21. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: Учеб. пособие / Сост. Л.А. Черепанов. - Тольятти: ТолПИ, 2001. - 40 с.
22. <http://www.hoosiertire.com/assets/Circuit%20Racing%204%2020%2017.pdf>
23. <http://zr.ru/>
24. <http://autoreview.ru/>
25. <http://tdm-neva.ru/>

Приложения

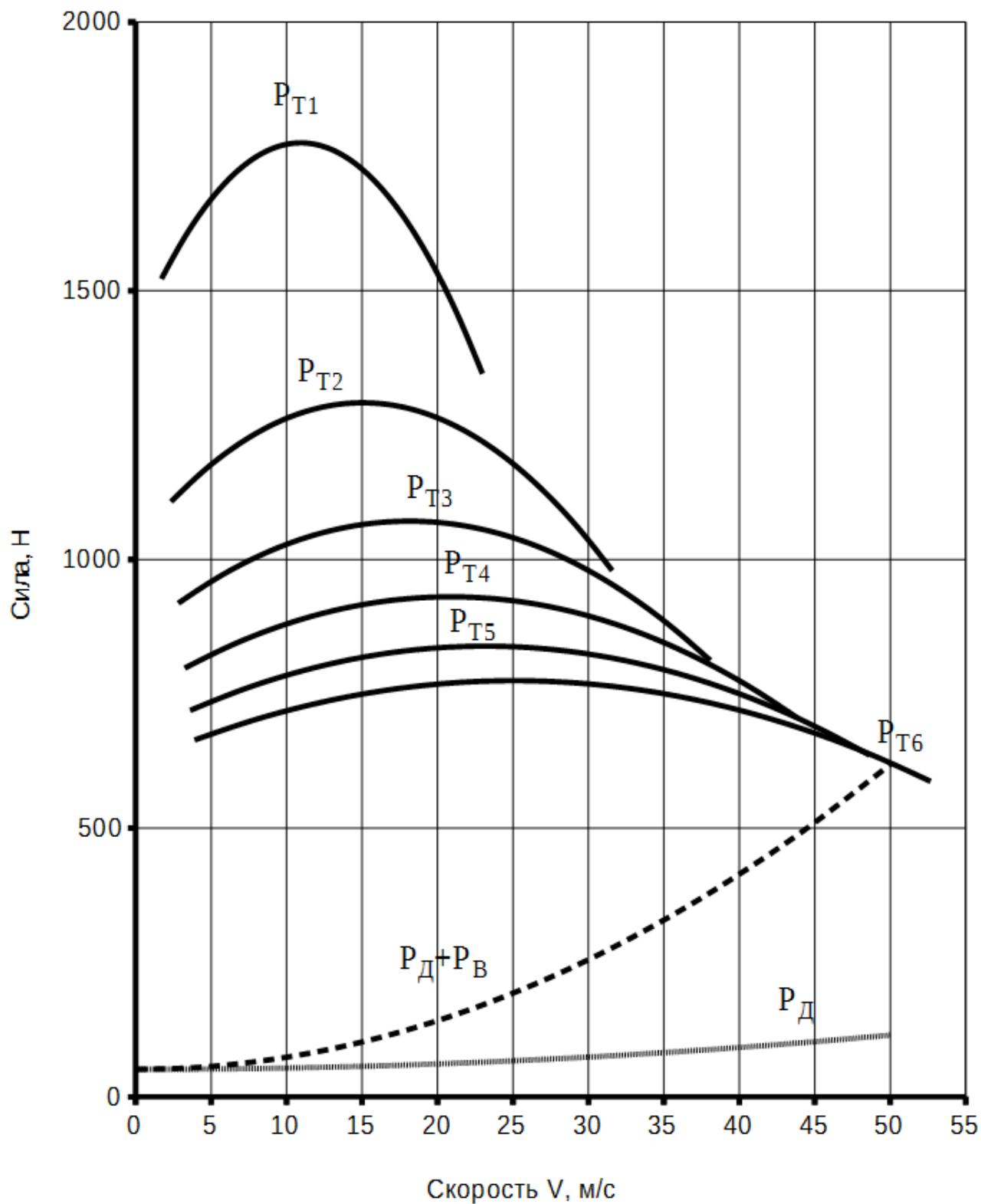
Приложение 1

Зависимость мощности и крутящего момента от частоты вращения коленвала
(BCX)



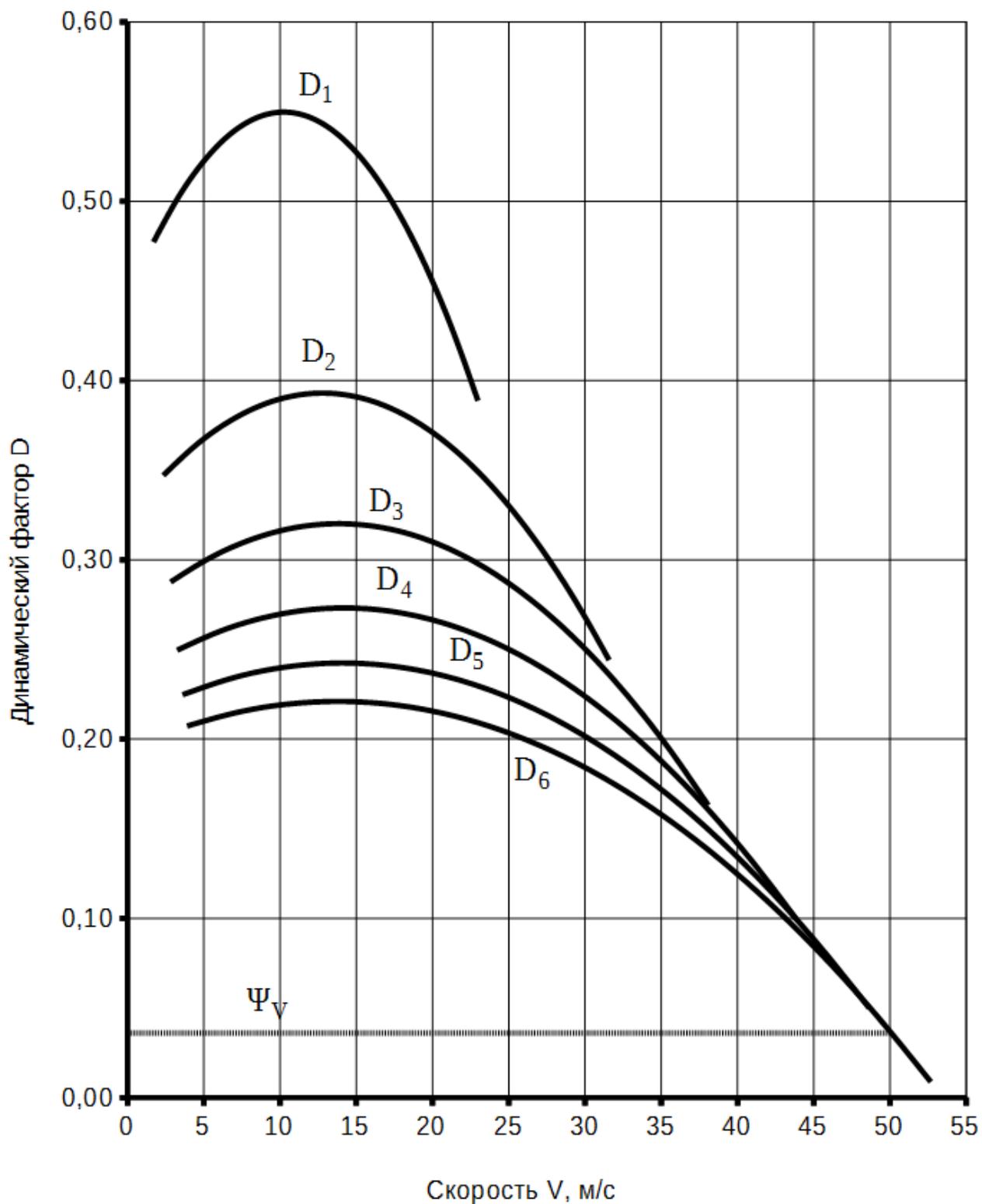
Приложение 2

Зависимость силы тяги от скорости движения гоночного болида



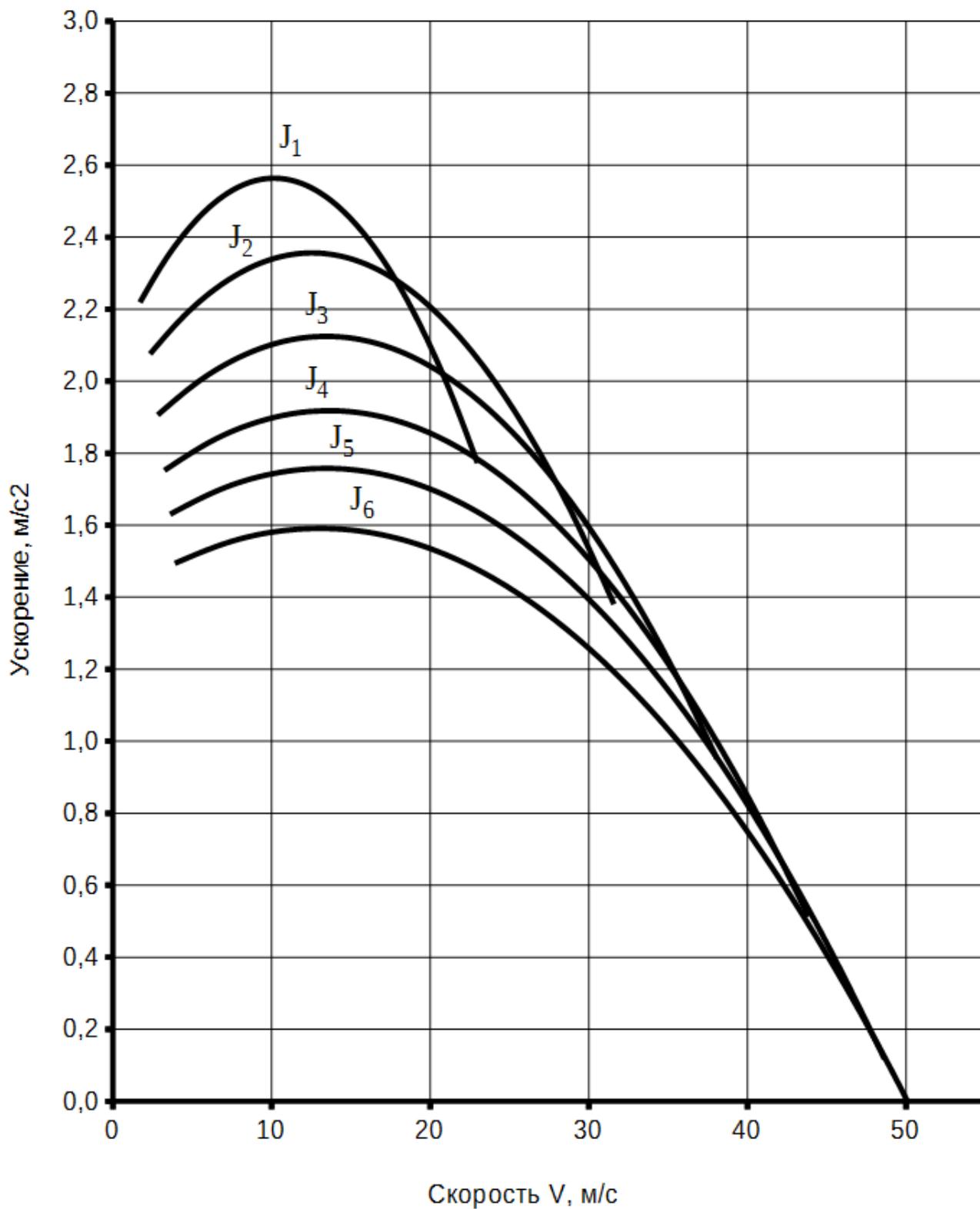
Приложение 3

Зависимость динамических свойств гоночного болида от скорости



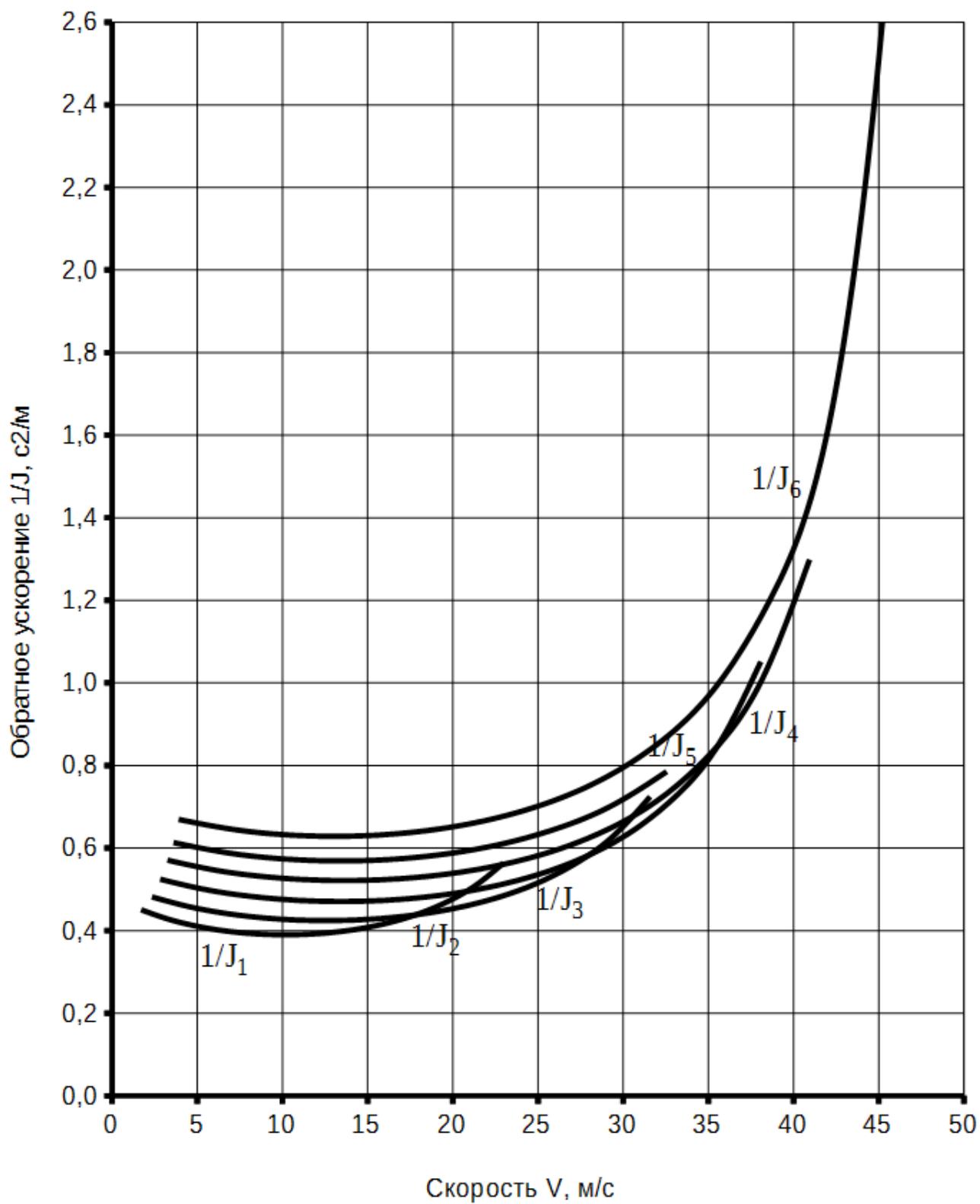
Приложение 4

Зависимость ускорений гоночного болида от скорости



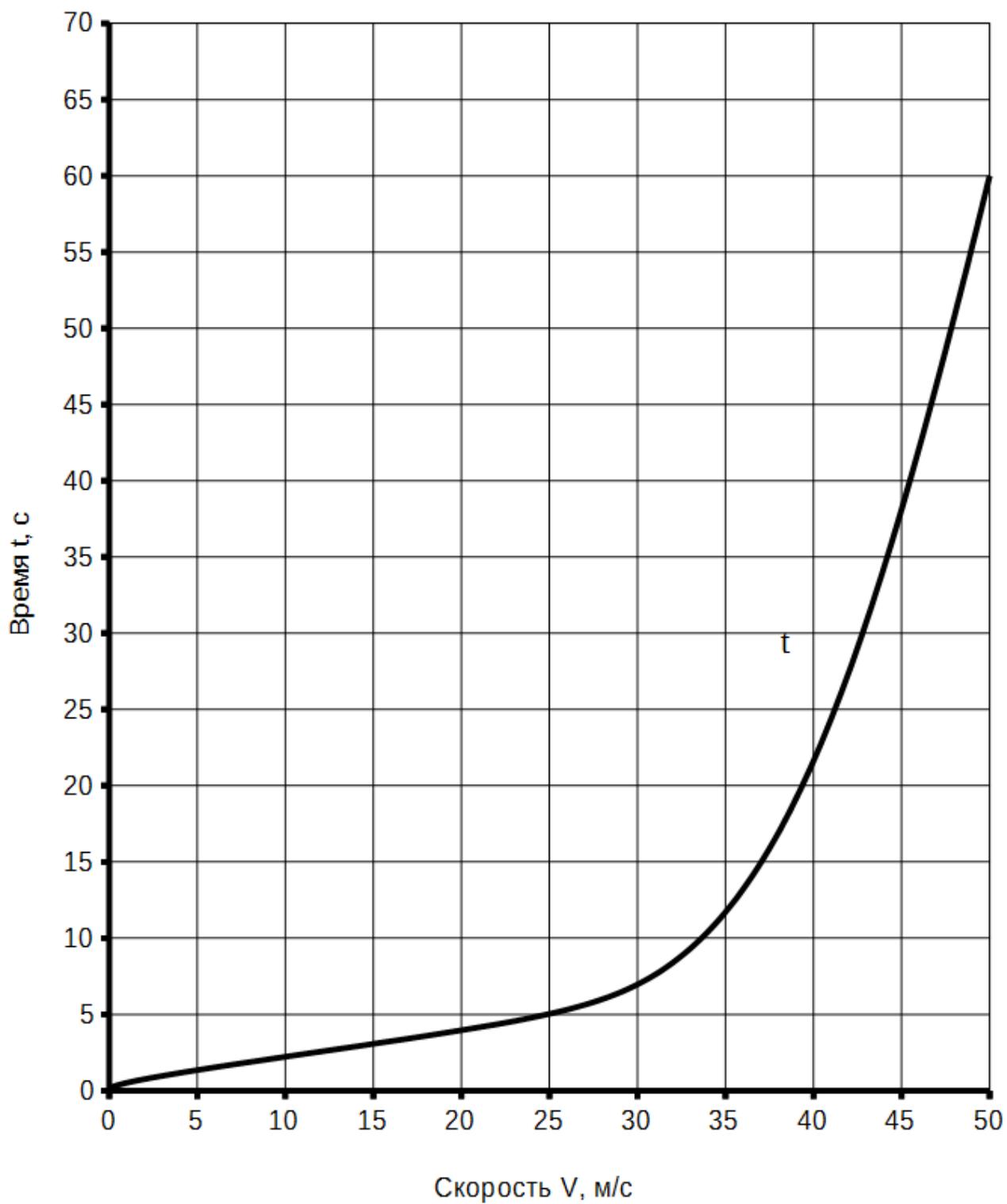
Приложение 5

Зависимость величины, обратной ускорению от скорости



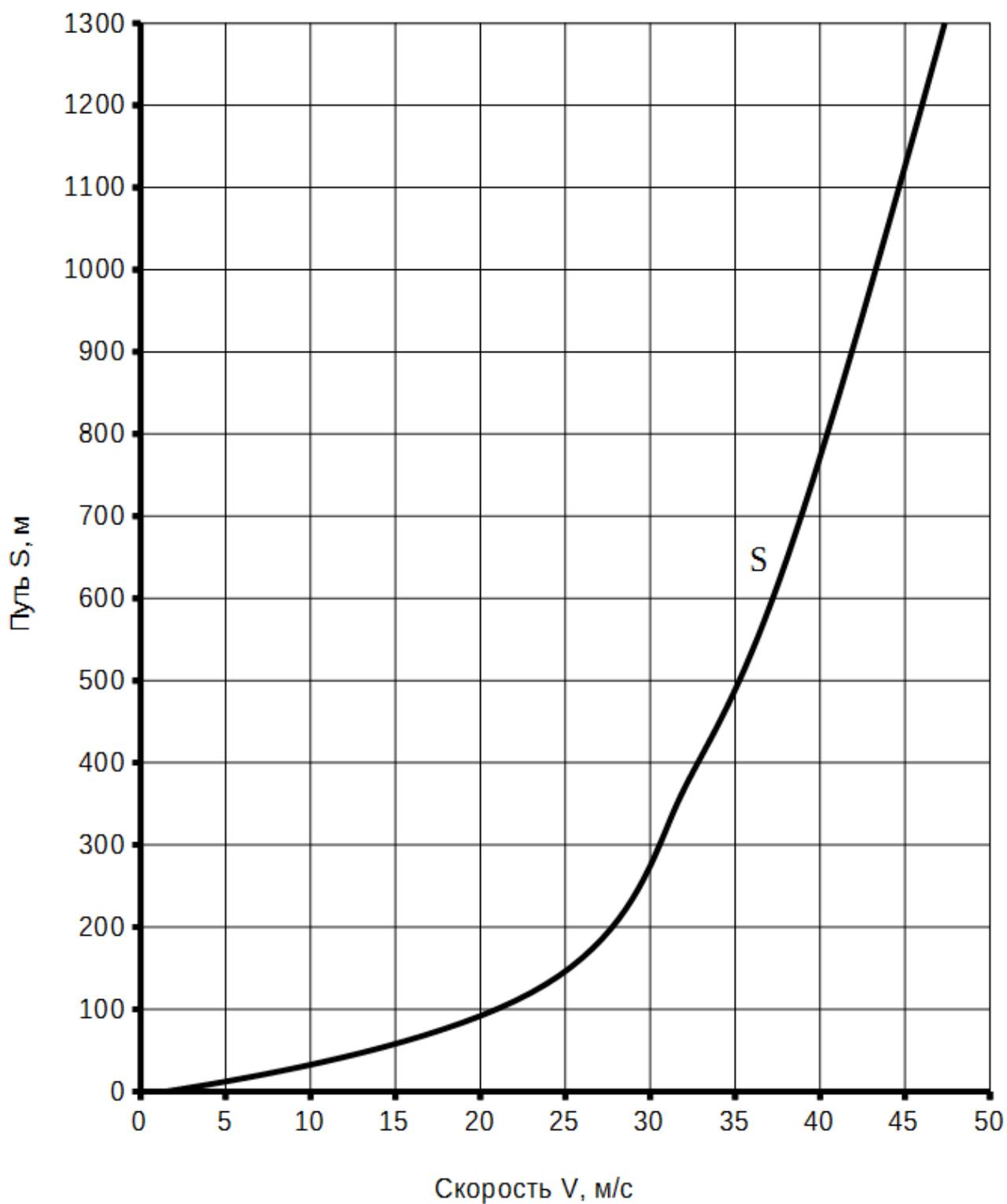
Приложение 6

График зависимости времени разгона от скорости



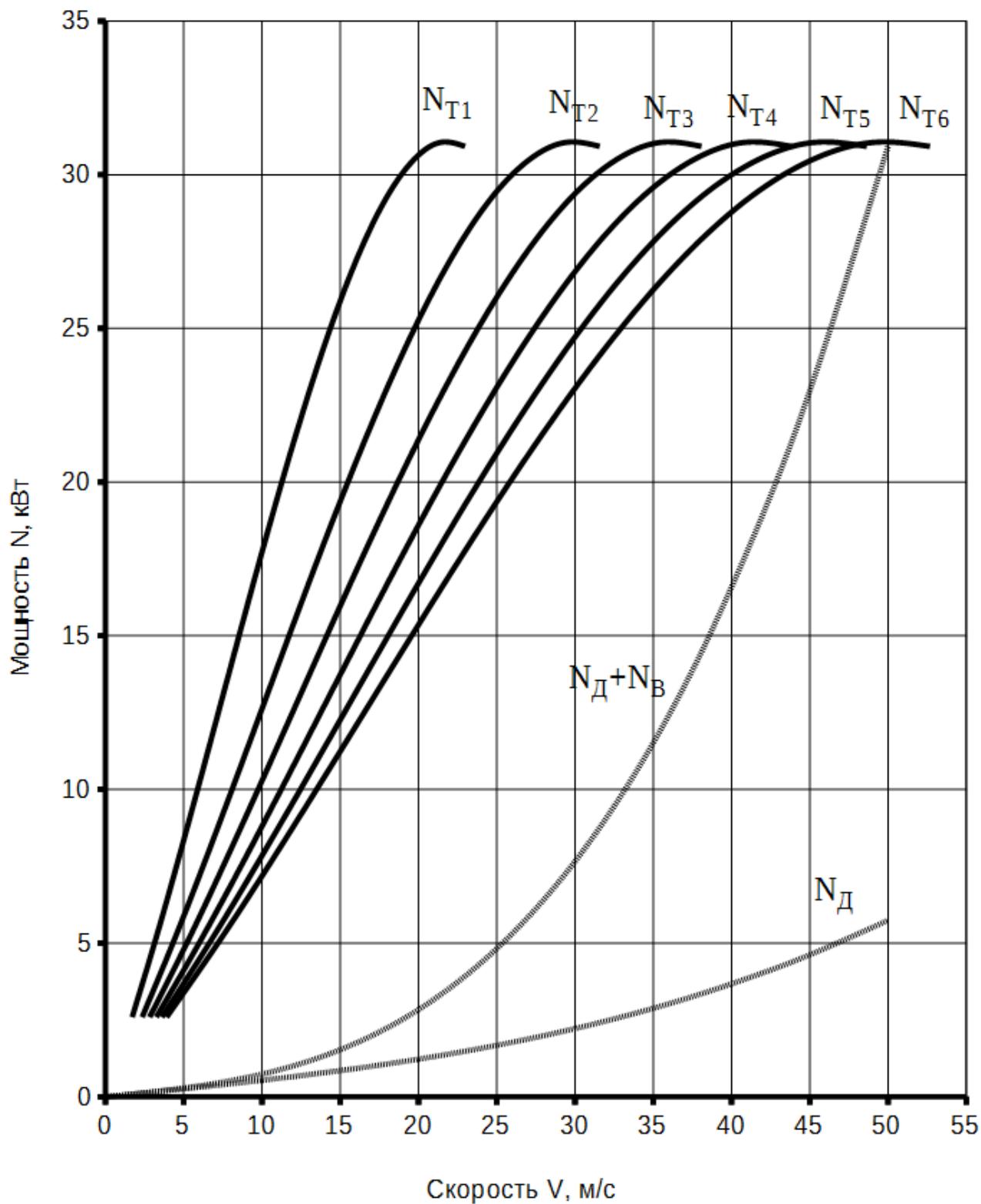
Приложение 7

График зависимости пути разгона от скорости



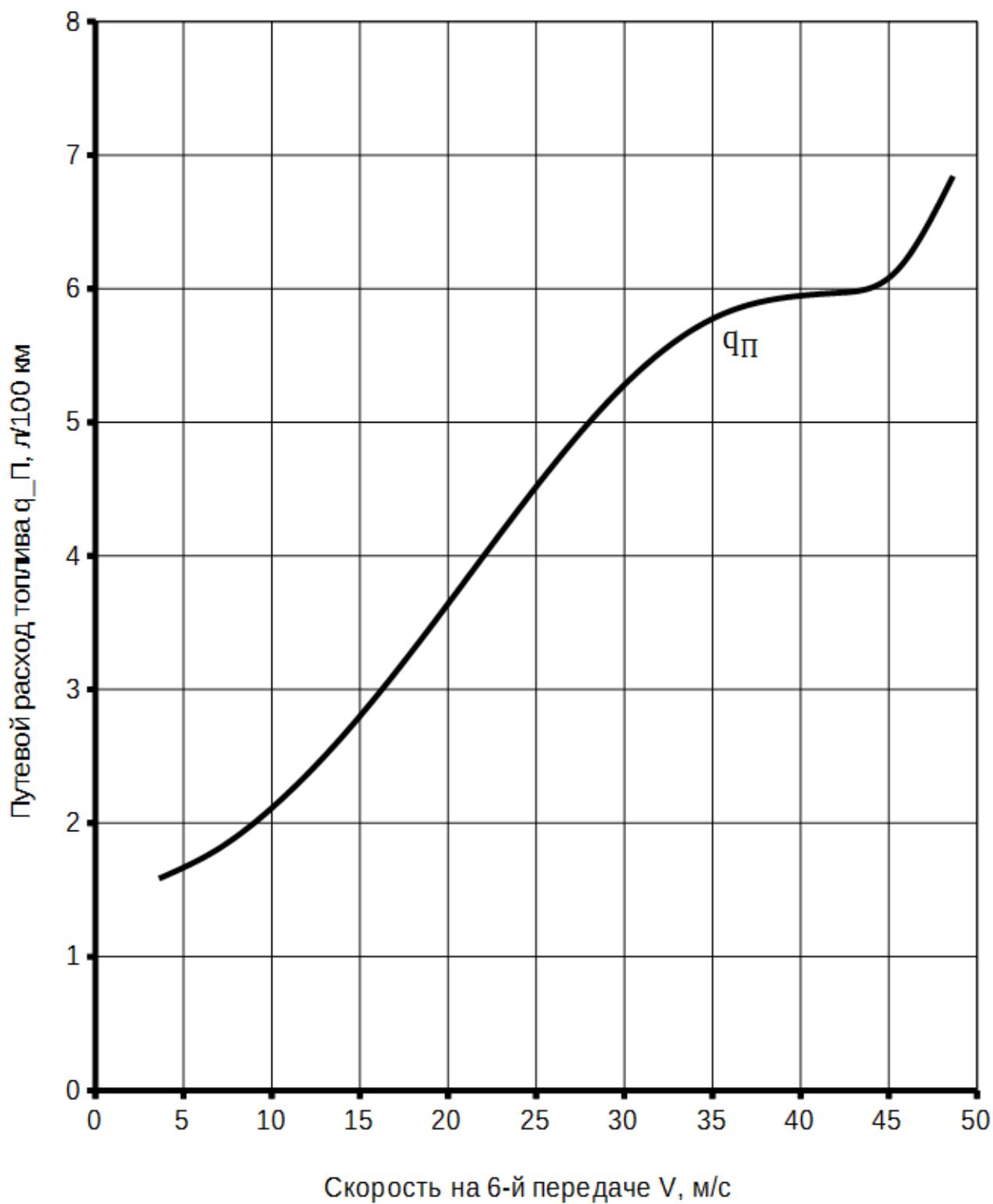
Приложение 8

Зависимость мощности гоночного болида от скорости



Приложение 9

График зависимости расход топлива от скорости гоночного болида



Приложение 10

Показатели экономической эффективности проекта

№	Наименование показателя	Условное обозначение	Показатели	
			База	Проект
1	Стоимость основных материалов, руб	M	4848,2	4359,25
2	Стоимость комплектующих изделий, руб	$P_{покуп.изд.}$	26,25	24,75
3	Основная зарплата производственных рабочих, руб	$Z_{осн}$	580,2	559,4
4	Дополнительная зарплата производственных рабочих, руб	$Z_{допол}$	69,62	67,13
5	Отчисления страховых взносов в ПФР, ФОМС, ФСС, руб	$C_{взнос}$	194,95	187,96
6	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб	$C_{содержж.экспл}$	1125,59	1085,24
7	Цеховые расходы, руб	$C_{цехов}$	1061,77	1023,71
8	Расходы на инструмент и оснастку, руб	$C_{инстр}$	17,41	16,78
9	Себестоимость каркаса, руб	$C_{цех.себ}$	7923,98	7324,22
10	Отпускная цена, руб	$C_{отп}$	9521,47	9521,47
11	Прибыль налогооблагаемая, руб	$Pr_{обл.}$	1597,49	2197,25
12	Налог на прибыль, руб.	$H_{пр.}$	319,49	439,45
13	Прибыль чистая, руб	$Pr_{ч.}$	1278,00	1757,80
14	Чистый поток реальных денег, руб	$ЧД$		1803,17
15	Капиталообразующие инвестиции, руб	J_o		871,59
16	Индекс доходности	JD		1,07
17	Срок окупаемости, год	$T_{окуп.}$		0,93