

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Организация единичного производства автомобильного прототипа  
Formula Student

Обучающийся

И.А. Капалкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

канд. пед. наук, доцент О.Е. Козлова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

## **Аннотация**

В дипломном проекте рассмотрены вопросы организации производства автомобилей на примере производства гоночного болида класса Formula Student.

В ходе работы описано место машиностроительного производства в современном мире, дана подробная описательная характеристика образовательного инженерного проекта для обучающихся ВУЗов «Formula Student». Произведен анализ конструкторских решений, примененных при проектировании гоночного болида студенческой командой Тольяттинского государственного университета, дано описание болида с позиции продукции, которую производит предприятие.

В рамках данного дипломного проекта была рассчитана себестоимость прототипа гоночного болида, приведены основные методы ценообразования для продукции предприятия.

В соответствии с характеристиками болида и имеющимися производственными мощностями, предложен проект организации производства, выпускающего гоночные автомобили.

Дипломный проект состоит из пояснительной записки в размере 79 страниц, содержащей 17 таблиц, 40 рисунков и графической части, содержащей 10 листов.

## **Abstract**

In the thesis, the issues of organizing the production of cars are considered on the example of the production of a Formula Student racing car.

In the course of the work, the place of machine-building production in the modern world is described, a detailed description of the educational engineering project for university students "Formula Student" is given. The analysis of the design solutions used in the design of a racing car by the student team of Togliatti State University is carried out, the description of the car from the position of it being a product of the enterprise is given.

Within the framework of this thesis, the cost of a prototype racing car was calculated, the main pricing methods for the company's products were given.

In accordance with the characteristics of the car and the available production facilities, a project for organizing production of racing cars is proposed.

The thesis consists of an explanatory note in the size of 79 pages, containing 17 tables, 40 figures and a graphic part containing 10 sheets.

## Содержание

Введение.....	5
1 Состояние вопроса .....	7
1.1 Формат и организация современного машиностроительного производства.....	7
1.2 Описание международного проекта FSAE.....	11
2 Продукция предприятия по производству гоночных автомобилей класса Formula Student .....	15
2.1 Описание продукции .....	15
2.2 Себестоимость и ценообразование продукции.....	33
3 Производственная структура предприятия .....	61
3.1 Анализ исходных данных.....	61
3.2 Организация производственного процесса .....	65
Заключение .....	76
Список используемой литературы и используемых источников.....	77

## Введение

В рамках образовательного инженерного проекта Formula Student (рус. «Формула Студент»), который реализуется в Тольяттинском государственном университете более 15 лет, студенческой команде необходимо спроектировать и изготовить гоночный автомобиль для участия в спортивных заездах на соревнованиях.

Подобный практически ориентированный подход, позволяющий интегрировать проектную работу в образовательный процесс обучающихся высших учебных заведений, является весьма актуальным. Помимо навыков, получаемых студентами в ходе проектирования и изготовления автомобиля, участники проекта имеют возможность непосредственно познакомиться с основными процессами, которые протекают на производстве. В том числе, за счет расчета себестоимости прототипа болида.

Целью данной работы является разработка организационной структуры предприятия, которое могло бы заниматься изготовлением и сбытом спортивных болидов класса Formula Student, соответствующих регламенту соревнований FS-Rules.

В связи с этим был определен ряд задач:

1. Охарактеризовать машиностроительное производство в современном мире.
2. Описать специфику международного проекта Formula Student.
3. Представить концепт продукта, который будет производить предприятие – гоночного автомобиля Formula Student; дать детальное описание ключевых систем и узлов, показать технологический процесс сборки.
4. Объяснить принцип подсчета себестоимости автомобильного прототипа на примере нескольких наиболее затратных для изготовления систем, а также показать процесс ценообразования.

5. Провести анализ исходных данных: производственного помещения, имеющегося оборудования, персонала, ряда внешних факторов, таких как наличие конкурирующей продукции на рынке.

6. Провести необходимые расчеты и предложить оптимальную структуру организации предприятия для производства гоночного болида класса Formula Student 2023 года.

В рамках данного дипломного проекта были проанализированы методики организации машиностроительных производств, описаны основные методы изготовления деталей и сборки узлов болида.

Результатом работы является разработанная организационная структура, концепт которой может быть реализован при производстве следующего гоночного болида класса FS.

## **1 Состояние вопроса**

### **1.1 Формат и организация современного машиностроительного производства**

Уровень развития машиностроения определяет общий уровень развития экономики страны. Для развитых стран доля машиностроительной продукции в валовом объеме составляет не менее 20 %.

«Сегодня перед машиностроительными предприятиями России стоит задача повышения конкурентоспособности продукции за счет технического перевооружения, внедрения инноваций, ресурсосберегающих технологий, передовых методов организации производства и повышения квалификации персонала. Для принятия грамотных решений на всех уровнях управления машиностроительным предприятием необходимо использовать межфункциональный подход, сочетающий знания как технологии, так и организации и экономики производственных процессов» [1].

Так, например, важным является понимание и грамотная постановка целевых ориентиров создания и развития машиностроительного бизнеса. Любой проект начинается с зарождения, на этапе которого происходит инициация и создание проекта.

На стадии ускорения роста на предприятии наблюдается разработка и выпуск однородного продукта, далее – по ходу развития проекта идет замедление роста. Этап ранней зрелости наступает при дифференциации рынка, в то время как этап поздней зрелости приходит с диверсификацией.

Наконец, проект идет на спад во время сокращения бизнеса и сокращения издержек.

Развитие жизненного цикла предприятия представлено на рисунке 1.

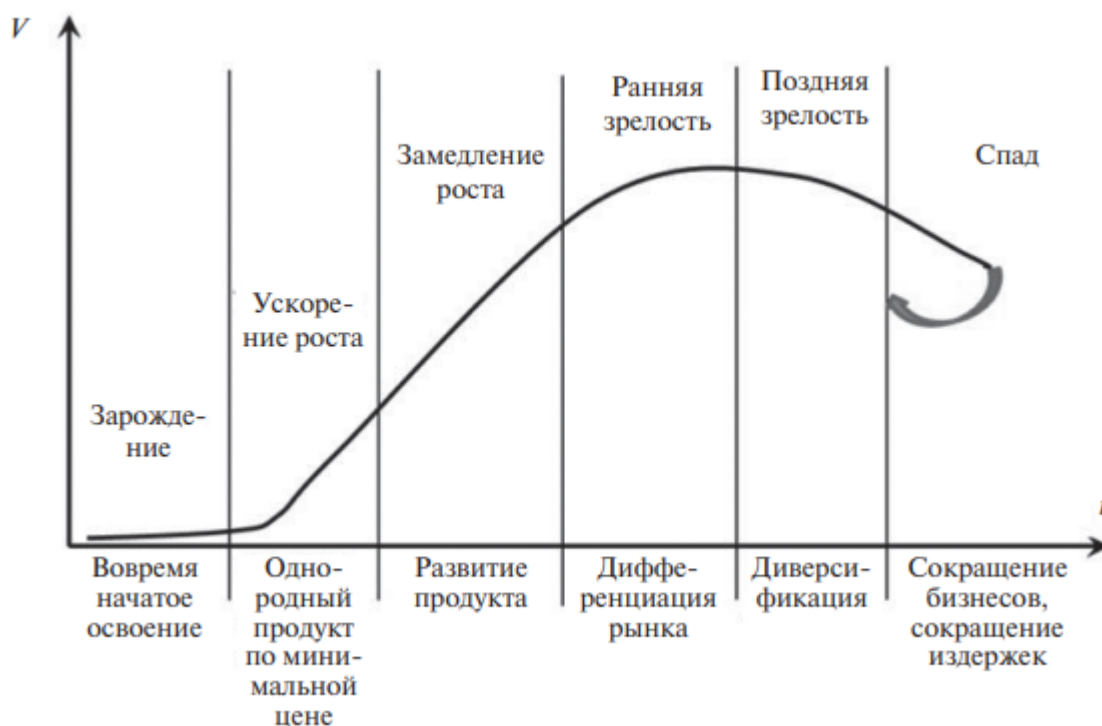


Рисунок 1 – Жизненный цикл предприятия

«Для машиностроительных предприятий можно выделить две группы собственников:

- собственник-государство;
- частные собственники» [3].

«Для первой группы собственников основным целевым ориентиром является выпуск значимой (с точки зрения собственника) продукции, а также экономическая и социальная поддержка социума. Представленная на рисунке 2 ниже схема раскрывает цели управления предприятием, соответствующие приоритетам этой группы субъектов экономического пространства» [2].



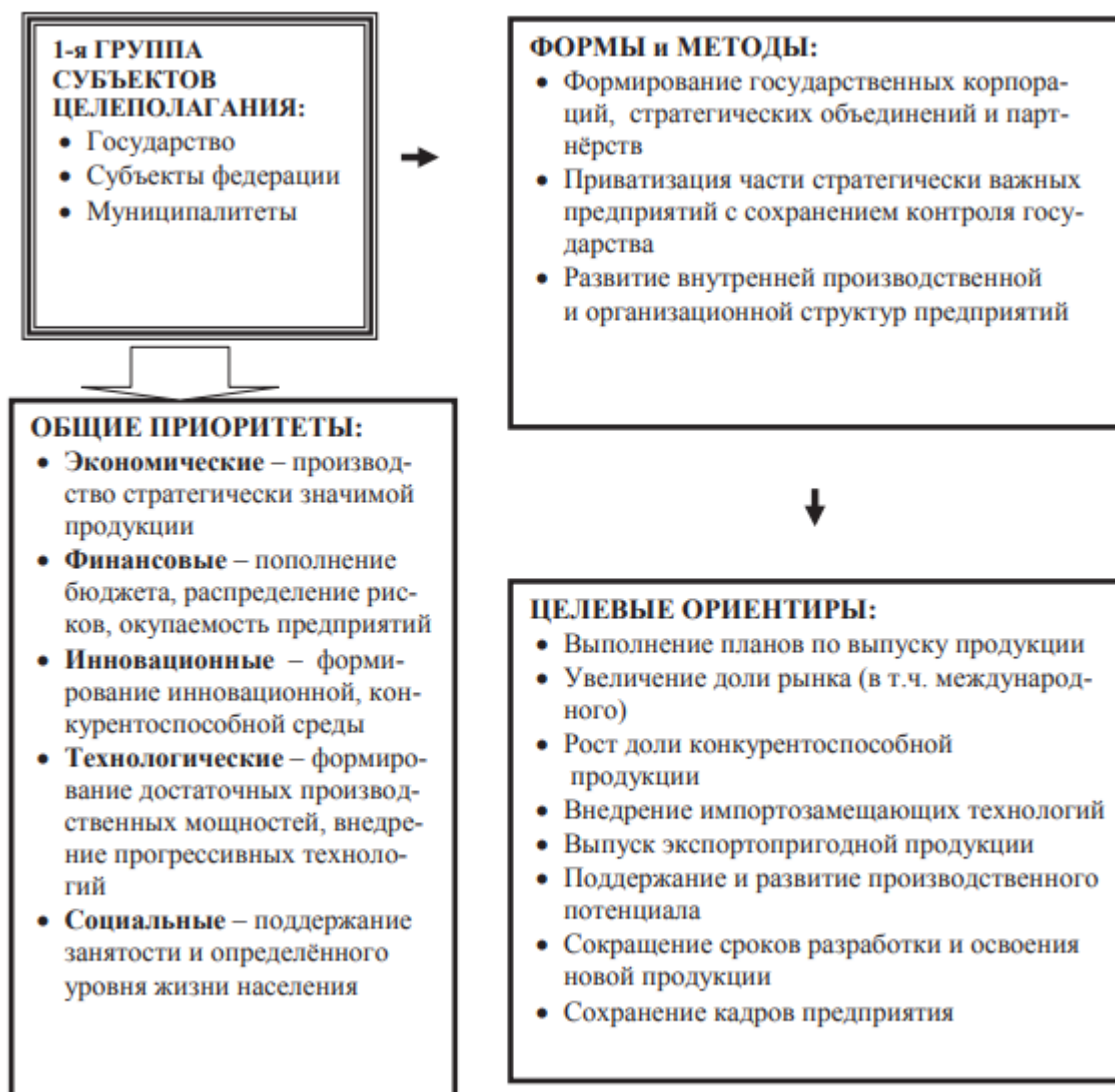


Рисунок 2 – Формирование результатов управления предприятиями

Безусловно, особую важность представляет собой этап целеполагания для будущего предприятия. Один из распространенных методов в данном случае предполагает организованное проведение экспертной оценки желаемого состояния организации в будущем. Последовательность выполнения работы:

- формирование экспертной группы из числа руководящего состава организации;
- определение возможных перспективных векторов развития и целей предприятия с использованием метода «мозгового штурма»;

- выбор и оценка наиболее важных целей;
- составление ранжированной системы целей с опорой на оценки экспертов;
- обсуждение результатов.

Несмотря на простоту и обеспечение согласованности внутри предприятия, у данного метода есть и ряд «недостатков, таких как зависимость результатов от субъективной оценки экспертов, а также учет внутренних факторов влияния как приоритетных, что не всегда является правильным подходом.

Другой метод – метод «по запросам клиентов». Он опирается на понятие «клиент организации», то есть отдельное юридическое или физическое лицо (группа лиц), которое может претендовать на результаты работы организации.

К возможным клиентам организации можно причислить следующее» [17] (рисунок 3):



Рисунок 3 – Клиенты организации

«В этом случае сущность метода заключается в том, чтобы выявить список основных клиентов и определить размер их запросов к предприятию. Это и определяет внешние цели организации. Здесь можно привести следующие этапы работы:

- описание клиентов и их запросов
- группировка клиентов по схожести запросов
- оценка запросов
- распределение количественных запросов, проверка на их совместимость
- построение системы хозяйственных целей» [10].

## **1.2 Описание международного проекта FSAE**

Проект Formula SAE (сокр. FSAE) представляет собой международный студенческий проект, направленный на разработку прототипа гоночного автомобиля класса Formula Student. Работа в проекте построена таким образом, что в течение года группой студентов университета производится проектирование, сборка и испытания болида, которые заканчиваются участием в инженерно-гоночных соревнованиях Formula Student.

Данный проект берет свое начало в 1978 году, когда Обществом автомобильных инженеров (Society of Automotive Engineers, SAE) были организованы и проведены первые соревнования, которые носили на тот момент название «SAE Mini Indy» и проводились на базе Хьюстонского университета. С развитием проекта к нему начали примыкать другие образовательные учреждения, также был значительно дополнен регламент и расширена география проведения соревнований. На данный момент инженерно-спортивное мероприятие Formula Student (FS) ежегодно проводится в таких странах, как Германия, Австрия, Венгрия, Италия, Россия и т.д. Особой популярностью проект пользуется среди университетов технической и инженерной направленности.

В России также представлен ряд команд, принимающих участие в Formula Student на постоянной основе. К ним относятся студенческие коллективы из Москвы (МГТУ им. Н. Э. Баумана), Санкт-Петербурга (Санкт-Петербургский Политех), Белгорода (БГТУ им. В. Г. Шухова), Екатеринбурга (УрГУПС), Череповца (ЧГУ), Уфы (УГАТУ). В городе Тольятти на базе Тольяттинского государственного университета представлена команда Togliatti Racing Team, которая была основана в ВУЗе в 2008 году и до сих пор продолжает свою деятельность.

К участию в Formula SAE допускаются студенты бакалавриата различных направлений подготовки, что связано с тем, что в рамках проекта перед участниками стоит задача не только создать прототип гоночного болида, но и самостоятельно найти подходящие источники финансирования, рассчитать себестоимость изготовления автомобиля, грамотно представить проект потенциальным инвесторам и т.п. Именно поэтому в инженерные команды традиционно входят обучающиеся таких образовательных программ, как машиностроение, электроэнергетика и электротехника, экономика, менеджмент.

Проект направлен на выработку как профессиональных компетенций будущих инженеров, так и универсальных компетенций, таких как умение работать в команде, способность управлять проектом на разных этапах его развития, находить решения с помощью критического анализа и системного подхода. Поскольку правилами запрещается непосредственное участие преподавательского состава, то проектирование и сборка болида, а также организация команды во многом ложатся именно на студентов.

Согласно правилам участия в соревнованиях, разработка автомобиля должна производиться в полном соответствии с техническим регламентом FSAE Rules [5], опубликованном на официальном сайте немецких организаторов. Регламент охватывает ряд административных вопросов (связанных, например, с подачей документов и дедлайнами), а также

устанавливает ограничения и предписания, которым необходимо следовать при создании гоночного прототипа.

В зависимости от класса автомобиля к его конструкции могут предъявляться разные требования. В Formula Student выделяют следующие три класса: CV (Combustion Vehicle – болид с двигателем внутреннего сгорания), EV (Electric Vehicle – болид с электрической силовой установкой), DV (Driverless Vehicle – болид-беспилотник). В связи со всемирным трендом декарбонизации и электрификации транспорта в последнее время организаторами соревнований (рисунок 4) во многих странах все чаще отдается предпочтение классу электроболидов.



Рисунок 4 – Соревнования Formula Student

Соревнования FS принято делить на три основных этапа: техническая инспекция, гоночные заезды и статические испытания. Техническая инспекция является подготовительным этапом, в ходе которого проверяется соответствие узлов и деталей представленного на соревнованиях автомобиля

требованиям регламента. Строгое соблюдение мер предосторожности связано со спецификой участников мероприятия Formula Student, то есть студентов, которые не являются профессиональными пилотами гоночной техники или профессиональными инженерами.

В случае если болид успешно прошел инспекцию, включающую механическую инспекцию, тесты на шум и торможение, опрокидывание и взвешивание, он может быть допущен до участия в гонках. Во время соревнований предусмотрено проведение ряда динамических дисциплин, каждая из которых направлена на проверку различных характеристик машины: скорости, управляемости, маневренности.

Наконец, в ходе статических дисциплин студенческая команда защищает свои конструкторские решения перед судьями, которыми выступают ведущие специалисты крупных автопромышленных компаний. Кроме того, студенты обязаны предоставить бизнес-план по сбыту созданного прототипа на рынке, а также защитить отчет с технико-экономическим обоснованием проекта в рамках дисциплин «Презентация бизнес-плана» и «Отчет о стоимости производства» соответственно.

В зависимости от количества набранных очков студенческий инженерный коллектив может попасть в международный рейтинг команд [4].

Таким образом, проект Formula SAE направлен на всестороннюю выработку компетенций у обучающихся высших учебных заведений с целью обеспечить автопромышленное производство региона квалифицированными кадрами уже на выходе из университета.

Выводы по разделу. Было проанализировано актуальное состояние машиностроительных предприятий в стране. Приведено описание специфики студенческих инжиниринговых соревнований.

## 2 Продукция предприятия по производству гоночных автомобилей класса Formula Student

### 2.1 Описание продукции

Продуктом, который выпускает предприятие, будет являться гоночный болид класса Formula Student. Внешний вид автомобиля представлен в виде модели на рисунке 5 ниже.

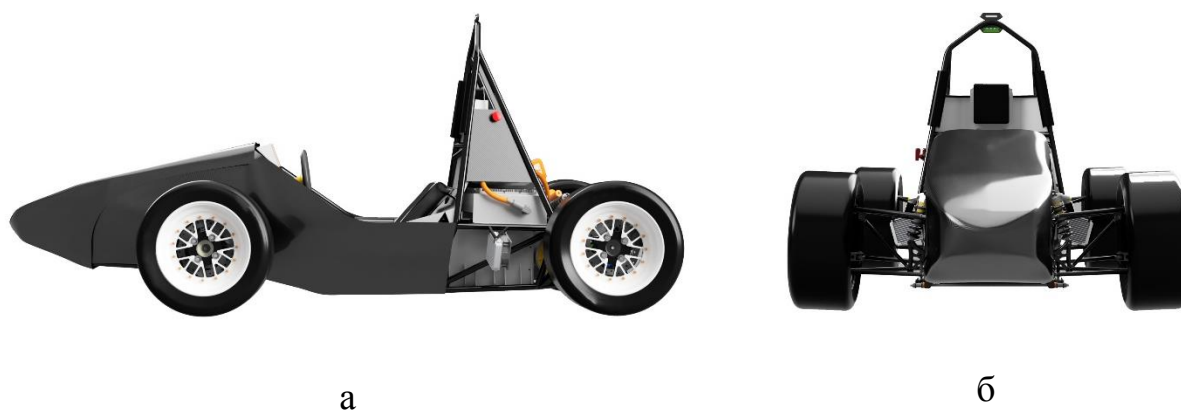


Рисунок 5 – Модель автомобиля

Основные характеристики продукта представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Характеристики болида

Двигатель:	КТМ 450 ЕХС-F
Время разгона до 100 км/ч:	3,8 сек
Масса:	205 кг
Длина:	2710 мм
Ширина:	1450 мм
Высота:	1150 мм
Колесная база:	1550 мм
Передняя колея:	1200 мм
Задняя колея:	1170 мм

На рисунке 6 далее представлен внешний вид итогового продукта:



Рисунок 6 – Внешний вид гоночного автомобиля

Автомобиль разрабатывался и изготавливался в соответствии с регламентом международных инженерных соревнований Formula Student. По этой причине все этапы проектирования тесно связаны с ограничениями, накладываемыми на конструкцию автомобиля регламентом Formula Student Rules. Так, среди прочих в регламенте представлен подраздел T 2.7 Steering, в котором указаны требования, предъявляемые к рулевой системе болида:

T 2.7.1 Запрещены системы рулевого управления, для приведения в действие которых используются тросы или ремни. Данное правило не распространяется на автономный привод рулевого управления.

T 2.7.2 «Рулевое колесо должно непосредственно механически приводить в действие передние колеса.



Т 2.7.3 «Система рулевого управления должна иметь ограничители поворота, которые предотвращают блокировку рулевых тяг. Стопоры должны быть размещены на стойке и должны препятствовать контакту шин и дисков с другими деталями. Приведение в действие рулевого управления должно быть возможно во время того, как автомобиль не движется.

Т 2.7.4 Допустимый свободный ход системы рулевого управления ограничивается в общей сложности  $7^\circ$ , измеренными на рулевом колесе.

Т 2.7.5 Рулевое колесо должно крепиться к рулевой колонке быстроразъемным соединением. У водителя должна быть возможность снять быстроразъемное соединение, находясь в обычном положении при вождении и в перчатках.

Т 2.7.6 Рулевое колесо должно быть расположено не более чем на 250 мм от передней дуги. Это расстояние измеряется по горизонтали по осевой линии автомобиля от задней поверхности передней дуги до самой передней поверхности рулевого колеса при любом положении рулевого управления.

Т 2.7.7 Рулевое колесо должно иметь непрерывный периметр, близкий по форме к круглому или почти овальному. Профиль внешнего периметра может иметь несколько прямых участков, но не должен иметь вогнутых участков.

Т 2.7.8 В любом угловом положении верхняя часть рулевого колеса не должна быть выше самой верхней поверхности передней дуги» [19] (рисунок 7).

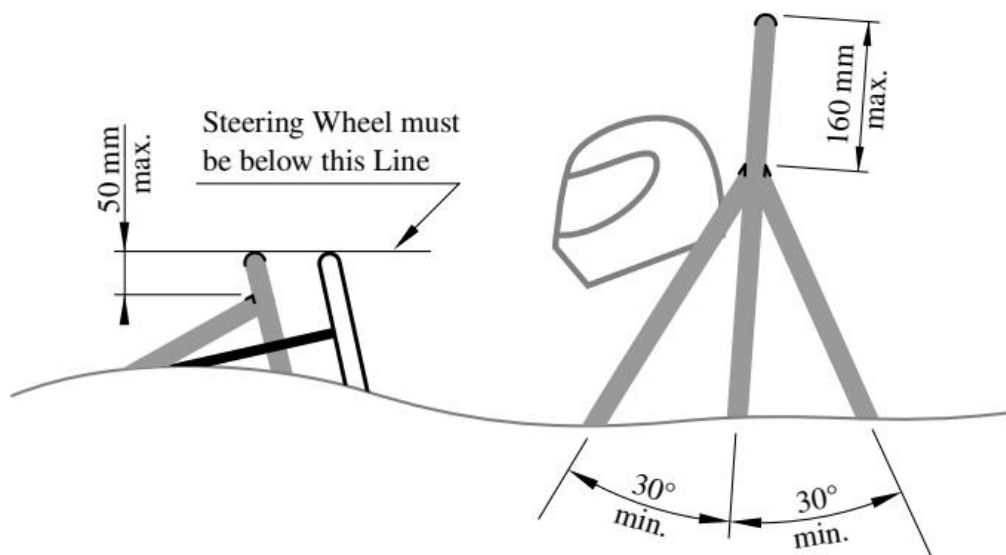


Рисунок 7 – Положение рулевого колеса

Т 2.7.9 Рулевая рейка должна быть механически прикреплена к основной конструкции (шасси).

Т 2.7.10 Соединения между всеми элементами крепления рулевого колеса к рулевой рейке должны быть механическими и видимыми при техническом осмотре. Клеевые соединения допускаются в соответствии с пунктом правил Т 3.2.8.

Т 2.7.11 «Допускается рулевое управление задними колесами с электрическим приводом, если механические упоры ограничивают диапазон углового перемещения задних колес максимум до  $6^\circ$ . Это должно быть продемонстрировано водителем в транспортном средстве, и команда должна предоставить оборудование для проверки диапазона угла поворота рулевого колеса при техническом осмотре» [8].

Кроме того, согласно пункту Т 4.2.2, «рулевое колесо и любые накладки, которые можно снять без использования инструментов, когда водитель находится в кокпите, должны быть съемными».

Рулевая колонка должна проходить через обозначенную область на шаблоне во время проверки кокпита на вместимость и соответствие регламенту (рисунок 8).

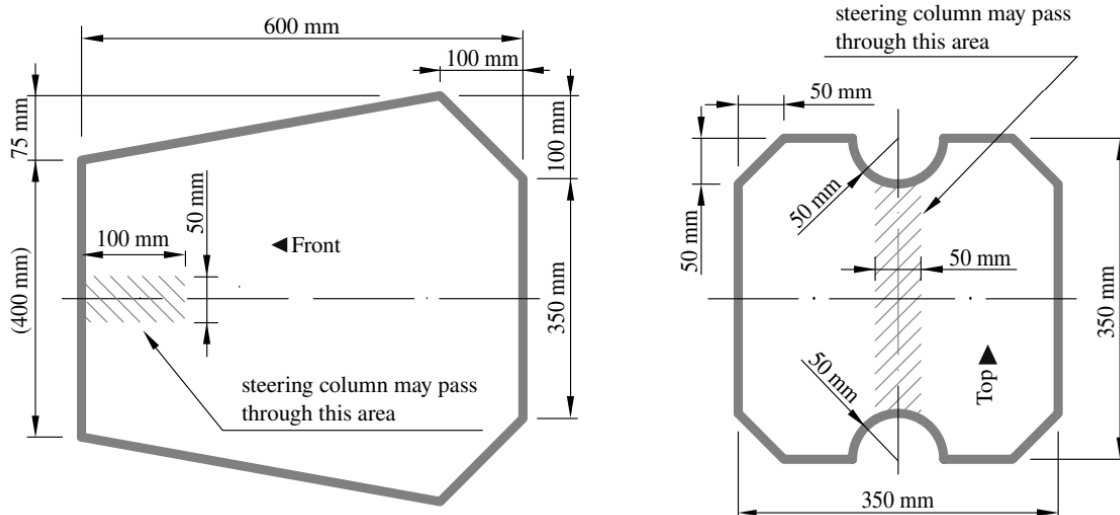
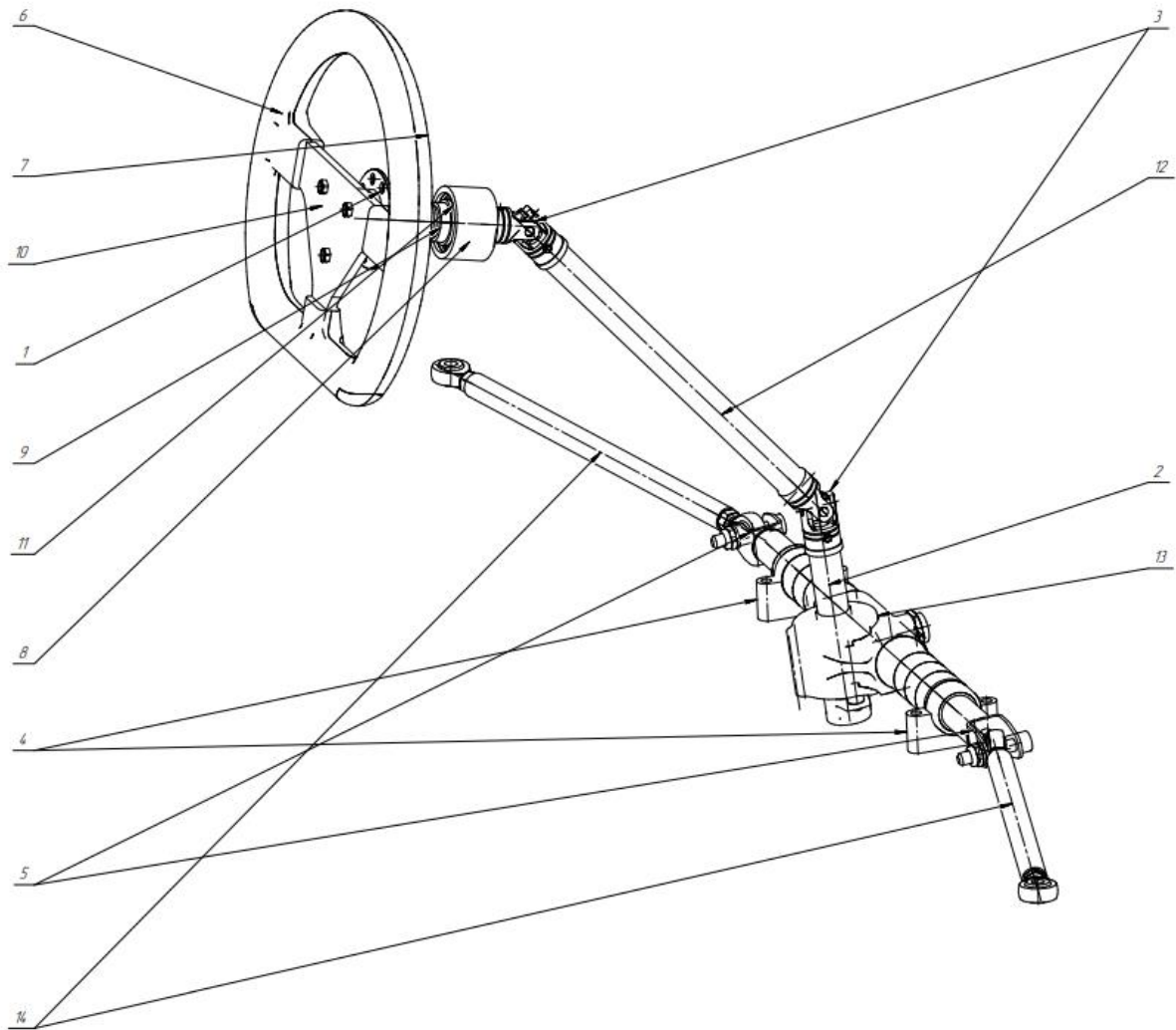


Рисунок 8 – Шаблон с указанием места расположения рулевой колонки

Представленные выше пункты регламента обязательно к соблюдению при проектировании болида класса FS. Остальные параметры могут задаваться студенческим инженерным коллективом по своему усмотрению, в зависимости от тех задач или проблем, которые они хотят решить при разработке автомобиля.

С учетом описанных пунктов регламента система рулевого управления автомобиля имеет внешний вид и структуру, как показано на рисунке 9:



Компоненты рулевого узла: 1 – быстросъемная муфта, 2 – входной вал, 3 – карданная передача, 4 – крепление рулевой рейки, 5 – крепление рулевой тяги, 6 – накладка рулевой пластины передняя, 7 – накладка рулевой пластины задняя, 8 – обойма для подшипников, 9 – переходной вал, 10 – пластина рулевого колеса, 11 – подшипниковый узел, 12 – рулевой вал, 13 – рулевая рейка, 14 – рулевая тяга.

Рисунок 9 – Система рулевого управления болида

Особое внимание при создании гоночного автомобиля Formula Student уделяется и системе шасси. На рисунке 10 представлена выдержка из регламента проекта, а именно пункт раздела ТЗ, посвященного конструкции рамы и шасси гоночного болида.

### T3 General Chassis Design

Item or application	Minimum wall thickness	Minimum cross sectional area	Minimum area moment of inertia
Main and front hoops, shoulder harness mounting bar	2.0 mm	175 mm <sup>2</sup>	11 320 mm <sup>4</sup>
Side impact structure, front bulkhead, roll hoop bracing, driver's restraint harness attachment (except as noted above)	1.2 mm	119 mm <sup>2</sup>	8509 mm <sup>4</sup>
Front bulkhead support, main hoop bracing supports	1.2 mm	91 mm <sup>2</sup>	6695 mm <sup>4</sup>

Рисунок 10 – Требования к шасси болида

Согласно правилам, главная и передняя дуги, а также труба крепления плечевого ремня пилота должны иметь минимальную толщину стенки 2 мм с минимальным моментом инерции 11320 мм<sup>4</sup>. Такие компоненты, как боковая противоударная структура, передняя перегородка, опоры и распорки главной и передней дуги и трубы крепления остальных ремней безопасности должны иметь толщину стенки как минимум 1,2 мм при минимальном моменте инерции 8509 мм<sup>4</sup>. Опоры передней перегородки, а также опоры распорок передней и главной дуги могут иметь толщину стенки 1,2 мм, но с минимальным моментом инерции 6695 мм<sup>4</sup>.

В таблице 2 ниже представлен список стальных труб, которые были использованы для изготовления рамы болида класса Formula Student.

Таблица 2 – Материалы для изготовления рамы

Труба 25 x 2,5 мм (сталь 20)	1
Труба 25 x 1,8 мм (сталь 20)	1
Труба 25 x 1,5 мм (сталь 20)	1
Труба 20 x 2 мм (сталь 20)	1
Труба 16 x 2 мм (сталь 20)	1

Альтернативой раме выступает монокок, применение которого в конструкции автомобиля не запрещается техническим регламентом. Монокок представляет собой шасси, изготовленное из композитных материалов.

Согласно официальным правилам, «допускается полное ламинирование передней дуги на монококе. Полное ламинирование предполагает, что дуга должна быть покрыта ламинатом по всей окружности» [7], как показано на рисунке 11. Соответствие стандарту Т 3.7.4 должно быть указано в SES. Ламинат, покрывающий переднюю дугу, должен перекрываться не менее чем на 25 мм с каждой стороны. Он должен иметь ту же укладку, что и ламинат, к которому он крепится.

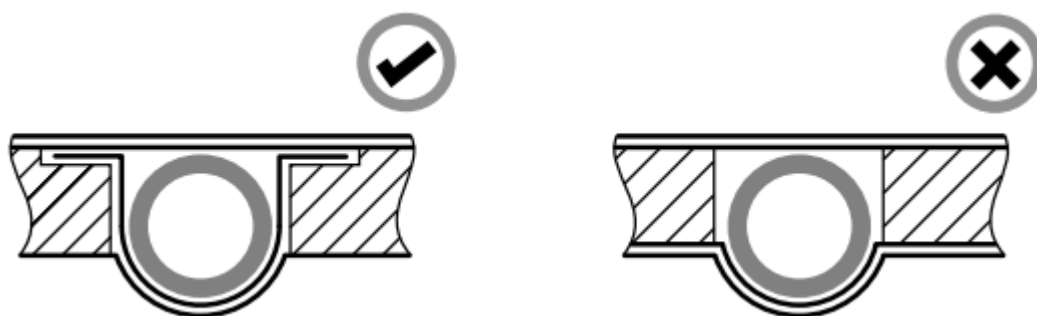


Рисунок 11 – Требования к ламинированию передней дуги

Прочность ламината монокока на сдвиг по периметру несущей конструкции передней перегородки должна составлять не менее 4 кН.

Некоторые команды, принимающие участие в проекте Formula Student, предпочитают использовать в качестве шасси именно монокок. При этом важно, чтобы разработанная конструкция отвечала требованиям безопасности для пилота, управляющего автомобилем. Для этого боковая противоударная структура монокока должна выглядеть таким образом, как показано на рисунке 12:

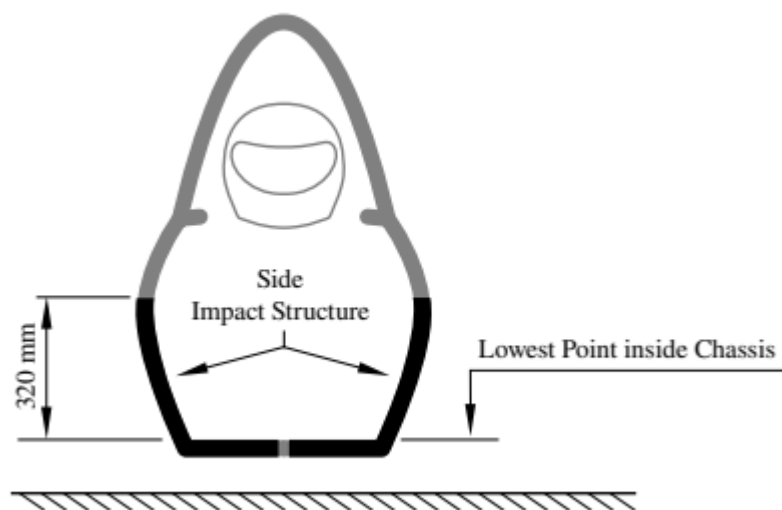


Рисунок 12 – Боковая противоударная структура монокока

Монокок выступает самой дорогостоящим и наиболее трудоемким видом конструкции шасси. Несмотря на это, выбор в пользу монокока «позволяет значительно снизить общий вес автомобиля, обеспечить достаточную жесткость конструкции и отличную ремонтпригодность, а также максимально оптимизировать геометрию подвески» [9]. Внешний вид монокока представлен на рисунке 13:



Рисунок 13 – Монокок болида класса FS

Если рассматривать изготовление гоночного болида как часть производственного процесса продукции на определенном мероприятии, следует учитывать ценовые показатели при принятии конструкторских решений.

Сравнение себестоимости изготовления рамы и монокока показало, что первый вариант конструкции будет менее затратным в более чем 6 раз. Сравнительный анализ приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение вариантов шасси: рама и монокок

Параметр	Пространственная рама	Монокок
Стоимость материалов, руб.	50000	265780
Стоимость производства, руб.	16500	146000
Трудоемкость, ч	35	212
Масса, кг	28	23
Жесткость на скручивание, Нм/град	2250	1810
Ремонтопригодность	3	4

Как видно из таблицы, преимуществом изготовления пространственной рамы является и небольшая трудоемкость процесса по сравнению с трудоемкостью изготовления монокока. Следует также отметить, что для болида с монококом потребуется приобретение специализированного оборудования, чего не требуется для работы с пространственной рамы, для создания которых потребуется стандартное оборудование, такое как сварочный аппарат и трубогиб.

В жесткости на скручивание рама также превосходит конструкцию монокока, однако уступает ей на 5 кг в легкости и ремонтопригодности.

Более наглядно сравнительный анализ представлен на рисунке 14.



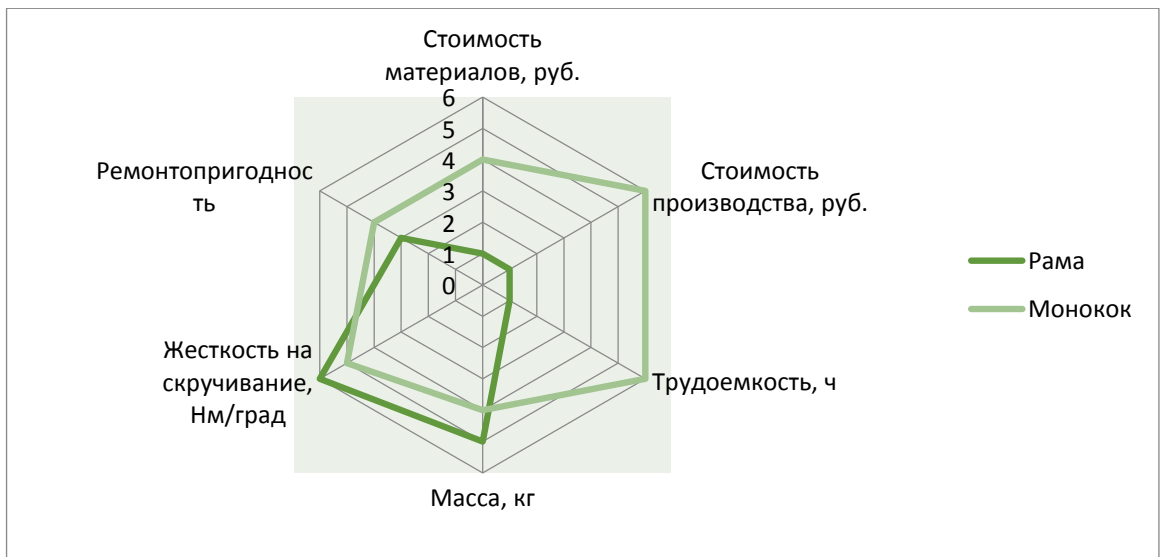


Рисунок 14 – Сравнительный анализ шасси

После проведенного анализа для гоночного болида было решено использовать пространственную раму. Внешний вид рамы показан на рисунке 15:

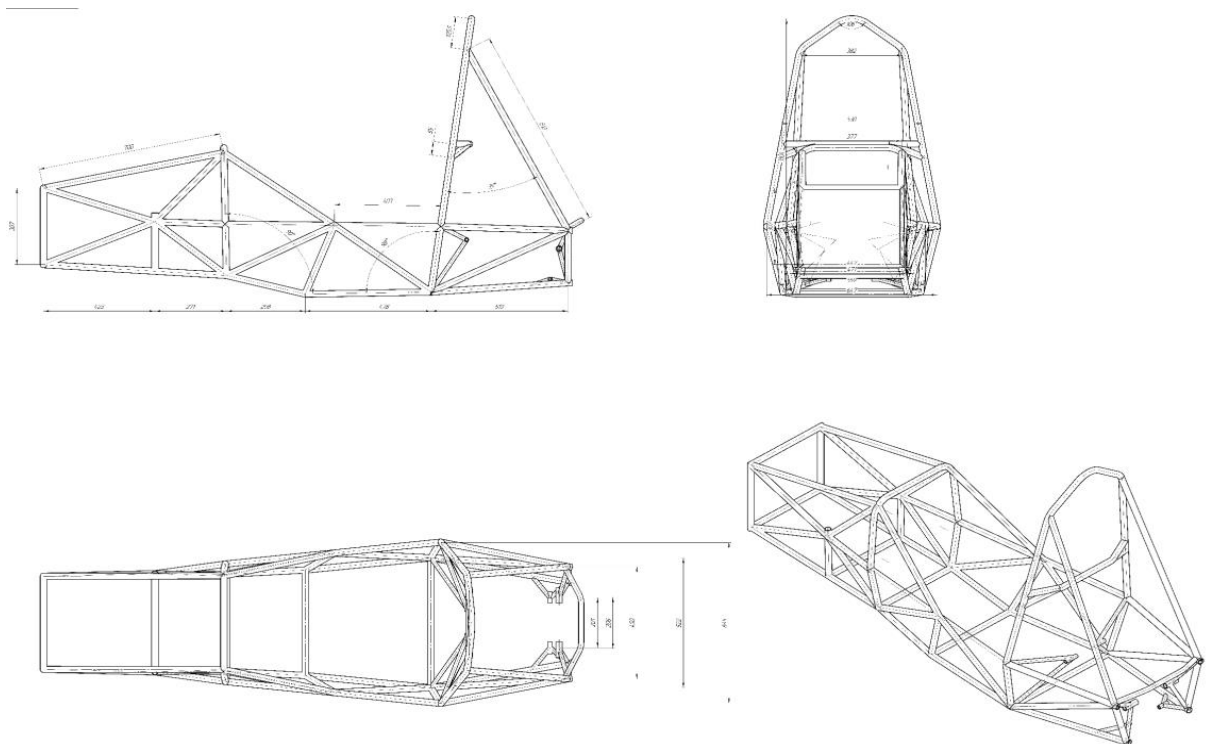


Рисунок 15 – Рама гоночного болида

Дополнительно к раме был разработан аэродинамический обвес автомобиля (рисунок 16), а также переднее и заднее антикрыло (рисунки 17-18).

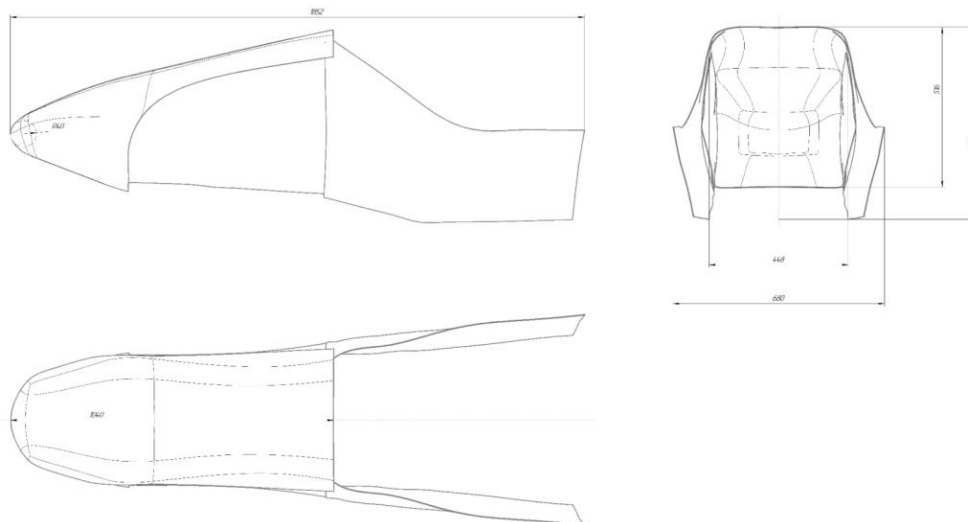


Рисунок 16 – Аэродинамический обвес болида

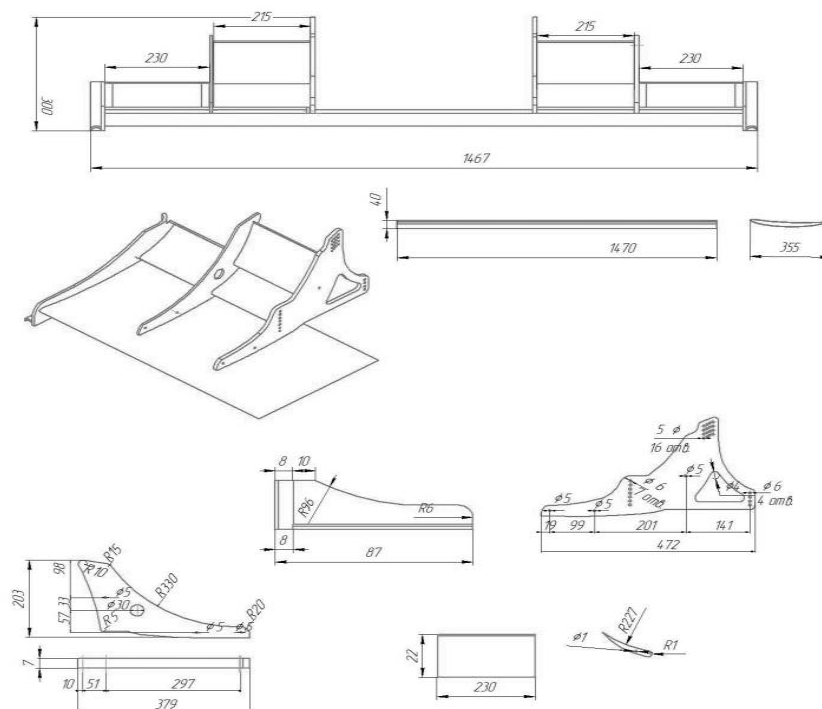


Рисунок 17 – Переднее антикрыло

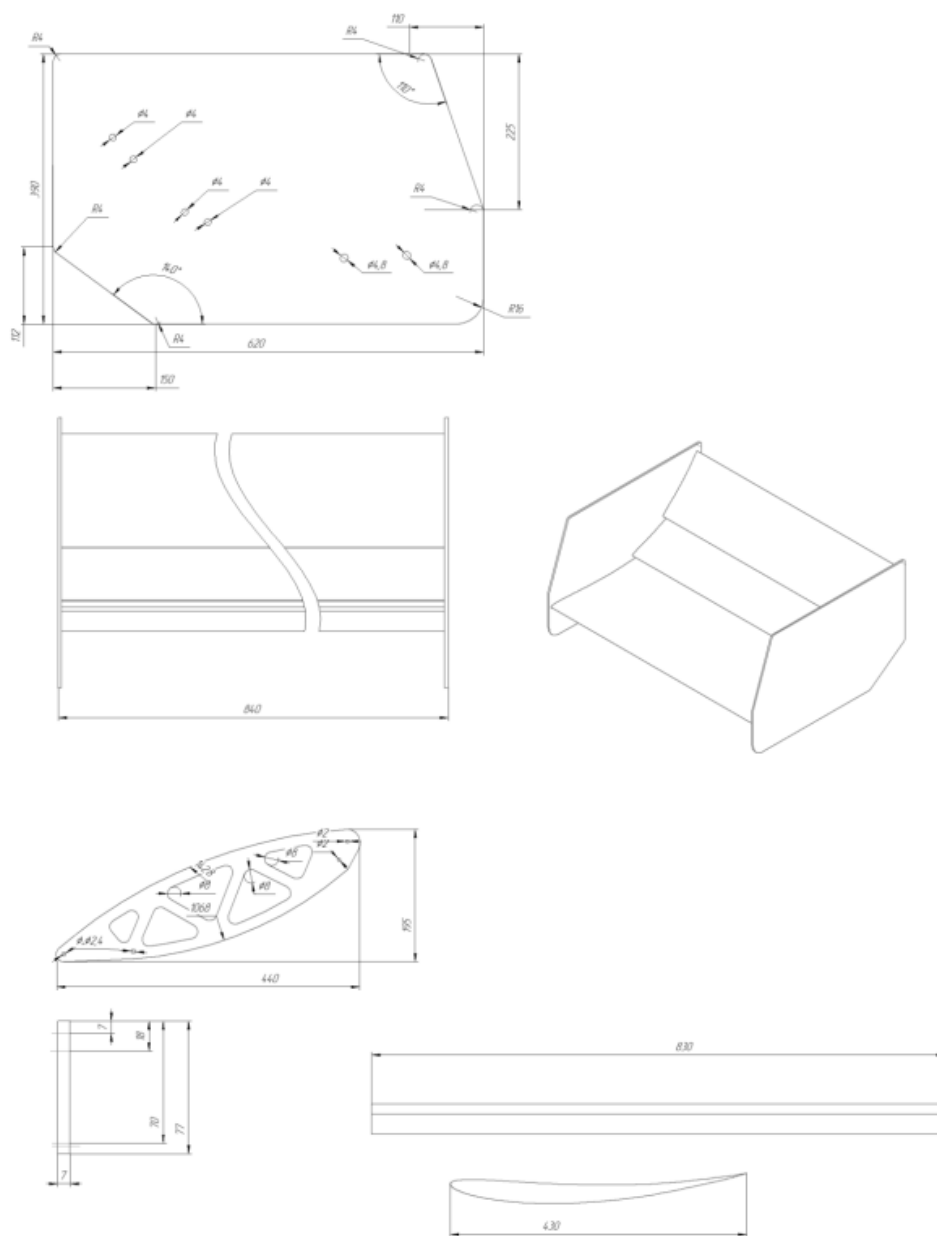


Рисунок 18 – Заднее антикрыло

Другим важным аспектом при разработке гоночного автомобиля является специфика тех заездов и трасс, которые будет проходить болид во время динамических испытаний. Необходимо понимать, что ключевой целью во время эксплуатации автомобиля будет являться не комфорт водителя или плавность поворотов, а прохождение конкретного отрезка трассы за наименьшее время. Это во многом отличает подход к проектированию

рулевого узла в рамках данной работы от разработки рулевого управления для гражданских автомобилей.

Итак, в ходе соревнований Formula Student представленные транспортные средства проходят испытания в ходе следующих динамических дисциплин:

«Восьмерка». Трек для прохождения данной дисциплины состоит из двух кругов, образующих цифру «восемь» (рисунок 19). Пилоту необходимо последовательно обогнуть каждый круг по два раза, при этом судьями учитывается время второго прохождения круга. В данной дисциплине оценивается способность автомобиля проходить поворот на высокой скорости.

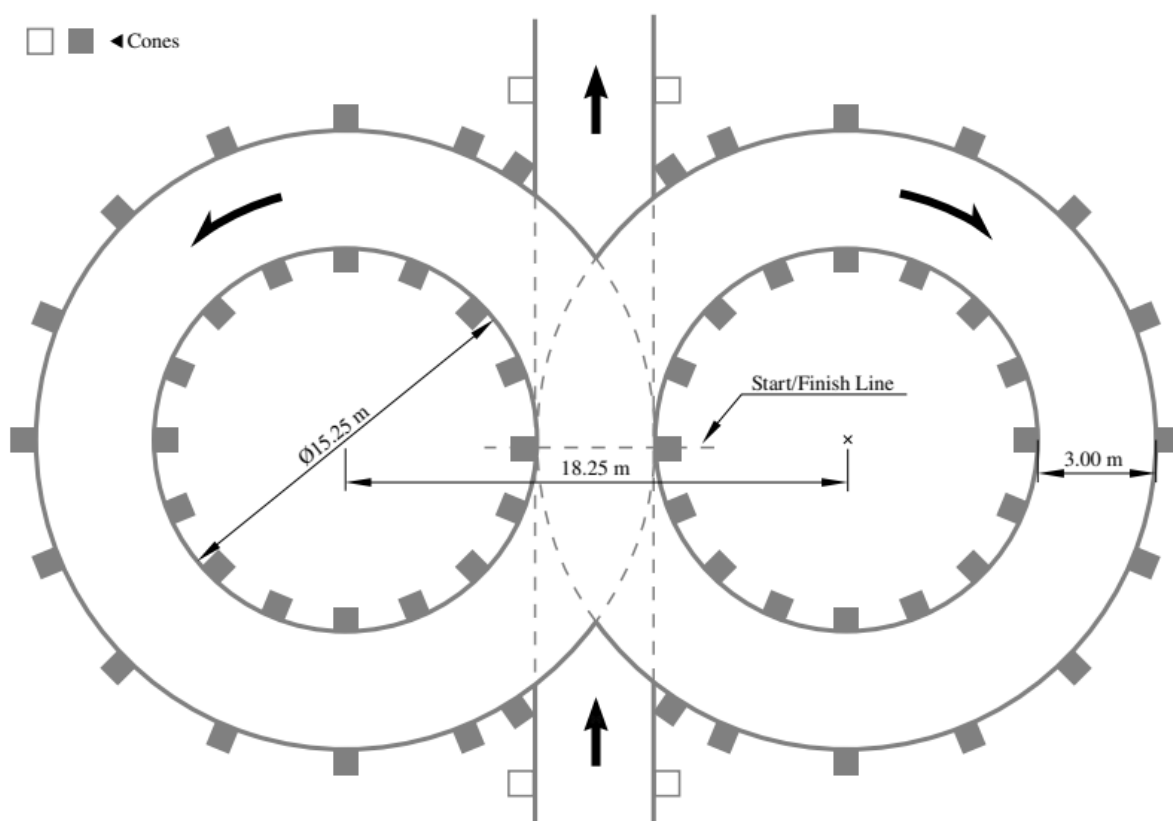


Рисунок 19 – Трасса для прохождения дисциплины «Восьмерка»

Ускорение. «Задачей пилота является как можно быстрее пройти расстояние длиной 75 метров по прямой. При прохождении дисциплины оцениваются скоростные характеристики болида и умение пилота поймать нужный момент сцепления колес с дорогой.

Автокросс. Трек для автокросса включает как прямые участки, так и различные повороты, «шпильки». В ходе дисциплины проверяется маневренность и скорость машины.

Гонка на выносливость. Данная дисциплина является одной из самых значимых на соревнованиях Formula Student, поскольку направлена на проверку такого важного показателя как надежность конструкции построенного командой болида. Общая длительность гонки составляет 22 км, при этом каждый круг приблизительно равен 1 км. В отличие от остальных динамических дисциплин, на прохождение гонки на выносливость дается только одна попытка, на середине гонки пилоты меняются» [18].

Трасса для динамических испытаний автомобиля показана на рисунке 20 ниже.

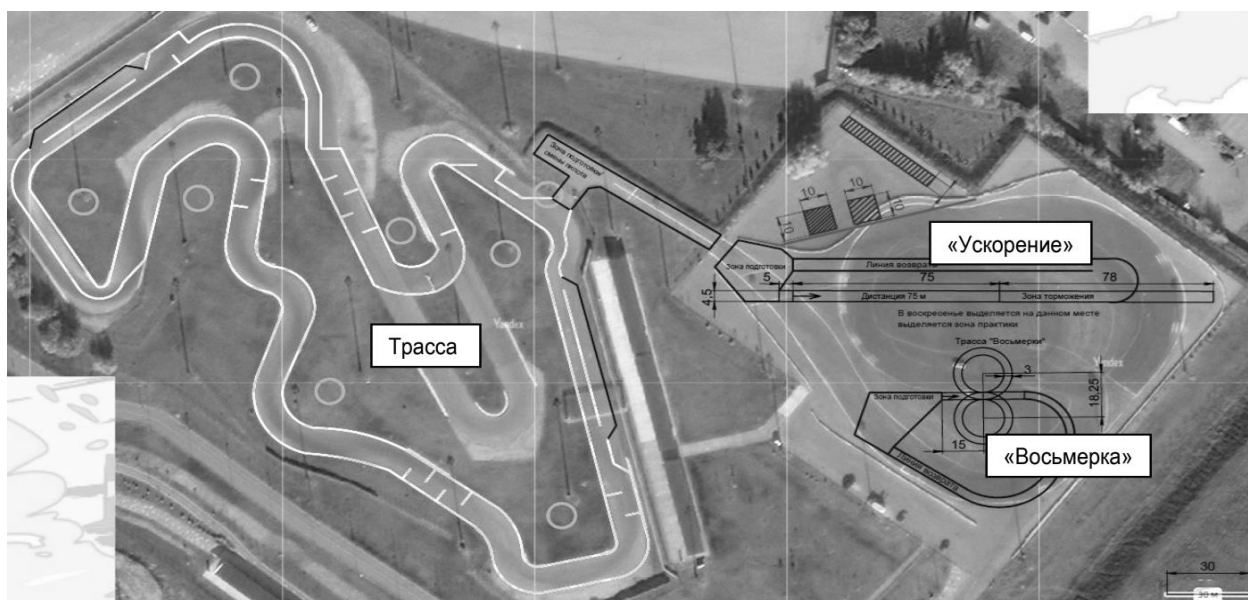


Рисунок 20 – Расположение трассы для динамических испытаний

Как видно из приведенных примеров, гоночные трассы на студенческих соревнованиях Formula Student включают достаточно большое количество поворотов без длинных прямых участков. Это обеспечивает лучшую безопасность участников заездов за счет того, что у них нет возможности взять большой разгон.

Возможна классификация продукции, выпущенной машиностроительными предприятиями по самым разным признакам, включая наличие сертификации, соответствие ГОСТ, ТУ и т.д. На рисунке 21 ниже представлена классификация продукции предприятий машиностроения, к которой относится и описанный ранее автомобиль.



Рисунок 21 – Классификация продукции согласно ГОСТ

Согласно классификации, гоночный автомобиль класса Formula Student можно определить по следующим признакам:

- Конструкторско-технологические особенности: наукоемкая продукция;
- Назначение: гоночный автомобиль;
- Уровень прогрессивности: инновационная продукция;
- Особенности использования: продукция.

Наукоемкой такую продукцию можно назвать в связи с тем, что при изготовлении прототипа болида используются современные САД- и САЕ-программы, проводятся симуляции и валидация полученных в ходе теоретических расчетов данных. Например, на рисунке 22 представлен график характеристики увода шин.

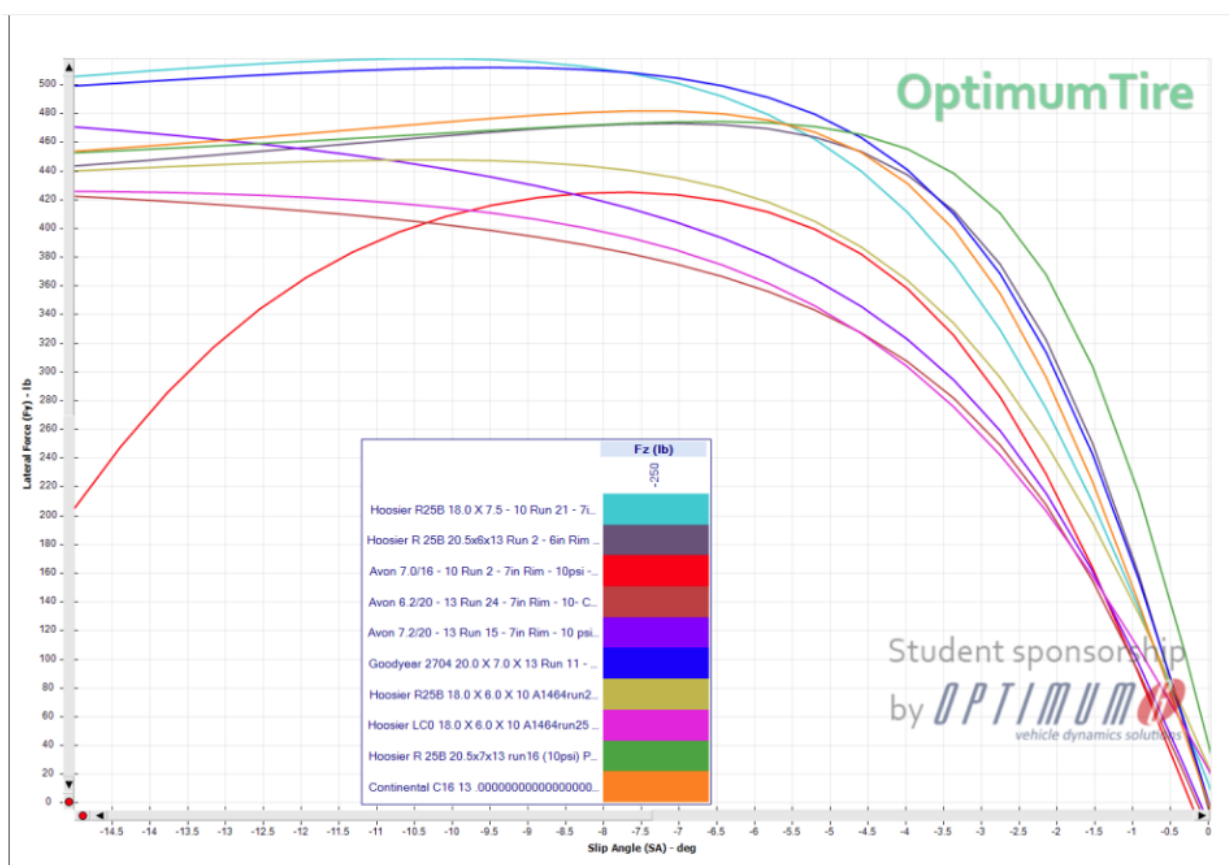


Рисунок 22 – Характеристика увода шин автомобиля

Назначением продукта служит использование его в сериях гоночных заездов. Заезды должны проводиться на специально отведенных участках трассы, отвечающих требованиям безопасности для пилота и других участников мероприятия. В регламенте FS-Rules среди прочего говорится о том, что трасса, по которой будет ехать автомобиль, должна быть огорожена от другого пространства с помощью конусов или специальных ограждений. На самой трассе не должны присутствовать препятствия или иные предметы, которые могут помешать движению болида.

По уровню прогрессивности продукт можно отнести к классу инновационной продукции. Прототип гоночного автомобиля отвечает современному спросу на гоночную технику, примененные конструкторские решения соответствуют актуальной инженерной практике, при изготовлении болида используются прогрессивные технологии и материалы, в том числе аддитивные технологии.

По признаку особенностей использования автомобиль следует отнести к классу «продукция». Это, однако, не исключает возможности расширения номенклатуры производимых товаров за счет выпуска отдельных его компонентов.

Немаловажным при работе предприятия является определение показателей объема продукции. «Показатель «товарная продукция» занимает центральное место в перечне показателей и характеризует количество продукции, произведенной предприятием за конкретный период для целей продажи стороннему потребителю, соответствующей его требованиям, а также работ и услуг промышленного характера, выполненных для сторонних потребителей. В состав товарной продукции входят только те изделия, которые полностью завершены обработкой на данном предприятии, приняты службой технического контроля и удовлетворяют требованиям ГОСТ, ТУ или договора с заказчиком и работы и услуги промышленного характера, по которым клиенты подписали акты выполненных работ» [6]. Расчет товарной продукции производится согласно формуле (1):



$$\text{Товарная продукция} = \sum_i \left( \begin{array}{l} \text{Количество выпущенной} \\ \text{i-й продукции} \times \text{Цена i-й продукции} \end{array} \right) \quad (1)$$

К признакам товарной продукции относится то, что она представляет собой результат деятельности конкретного предприятия и предназначена для реализации потребителю. Кроме того, товарная продукция подразумевает, что она завершается обработкой на предприятии. При этом значительная часть товарной продукции обеспечивается выпускающими или сборочными цехами.

## 2.2 Себестоимость и ценообразование продукции

Определение начальной цены на новую продукцию предприятия протекает по схеме, представленной на рисунке 23.



Рисунок 23 – Расчет цены продукции

Чаще всего в качестве задачи ценообразования можно назвать установление такой цены продукта, которая позволит производству выйти на точку безубыточности в кратчайшие сроки без потери качества производимого товара. В случае машиностроительного производства также следует исходить из имеющихся производственных мощностей, закупленного оборудования, вместимости складских помещений.

Сложнее будет оценить спрос, особенно в случае с такой узкой нишей как малогабаритные гоночные автомобили. При расчете объема спроса методом «сверху вниз» было взято за основу общее население РФ и далее:

- лица от 18 до 50 лет – 68%,
- лица мужского пола – 50% от предыдущего показателя,
- лица, имеющие водительское удостоверение – 50% от предыдущего показателя,
- лица, заинтересованные в автоспорте – 10% от предыдущего показателя,
- лица, имеющие материальную возможность приобрести автомобиль – 40% от предыдущего показателя.

Таким образом, расчет объема спроса по метрикам TAM-SAM-SOM будет производиться, как указано в формуле (2):

$$144000000 \times 0,68 \times 0,5 \times 0,5 \times 0,1 \times 0,4 = 980000 \quad (2)$$

Эластичность спроса по цене показывает, на сколько изменится в процентном отношении величина спроса на товар при изменении его цены на 1%. Эластичность спроса по цене (коэффициент ценовой эластичности спроса) будет рассчитываться по формуле (3):

$$k_{\text{эл}} = \frac{\Delta Q}{\Delta C} \quad (3)$$

где  $k_{\text{эл}}$  – эластичность спроса;

$\Delta Q$  – изменение величины спроса, %;

$\Delta C$  – изменение цены, %.

«Показатель ценовой эластичности спроса чаще всего представляет собой отрицательную величину. Если цена на товар снижается, то спрос растет, и наоборот. Для оценки эластичности, однако, часто используется абсолютная величина показателя.

В качестве примера рассмотрим ситуацию, при которой произошло снижение цены на товар в размере 5%, что вызвало увеличение спроса на 10%. Коэффициент эластичности будет равен» [23]:

$$k_{\text{эл}} = \frac{10}{-5} = -2$$

$$k_{\text{эл}} = |2|$$

Ключевым этапом ценообразования является оценка издержек на производство конкретного вида продукции.

«В зависимости от состава затрат, включаемых в себестоимость промышленной продукции, различают следующие виды производственных затрат:

- технологическая себестоимость
- цеховые расходы,
- заводские производственные затраты,
- полная себестоимость.

«Снижение себестоимости единицы продукции возможно в двух направлениях: по источникам и по факторам. Источники определяют, что

изменится и на какие компоненты себестоимости повлияет управление, а факторы определяют, как произойдут эти изменения и в рамках какого механизма это будет реализовано. Источники определяются как затраты, которые могут быть сэкономлены для снижения себестоимости продукции. К ним относятся:

- улучшение затрат труда,
- улучшение использования средств труда,
- улучшение использования самой рабочей силы,
- улучшение использования организации производства, труда и управления.

Конечно, степень влияния того или иного фактора напрямую зависит от особенностей конкретного предприятия и действующей на нем производственной политики. Кроме того, для наиболее эффективного снижения себестоимости продукции необходимо всестороннее понимание того, какие затраты занимают наиболее важное место в себестоимости. Исходя из этого, можно определить приоритеты, по которым следует проводить мероприятия по снижению затрат» [24].

«Группировка затрат по калькуляционным статьям себестоимости (полные затраты):

- основные материалы технологического назначения;
- возвратные отходы (вычитаются);
- покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты, приобретенные со стороны;
- топливо, электроэнергия на технологические цели;
- основная зарплата основных производственных рабочих;
- дополнительная зарплата основных производственных рабочих;
- страховые взносы (от зарплаты основных производственных рабочих);
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (РСЭО);

Итого: технологическая себестоимость

– цеховые расходы;

Итого: цеховая себестоимость

– общехозяйственные расходы;

Итого: производственная себестоимость

– коммерческие расходы.

Итого: полная себестоимость» [11].

При этом стоит учитывать, что на предприятии существуют постоянные и переменные затраты.

«К постоянным относятся затраты, не зависящие от изменения объема производства или меняющиеся скачкообразно, тогда как переменные затраты изменяются в определенной зависимости от объема производства.

Постоянные затраты можно разделить на три группы:

– полностью постоянные, возможные даже тогда, когда деятельность отсутствует;

– постоянные на обеспечение деятельности предприятия, которые производятся только при осуществлении им деятельности;

– условно-постоянные, не изменяющиеся до достижения определенного объема производства» [22].

Графически постоянные и переменные затраты представлены на рисунке 24.

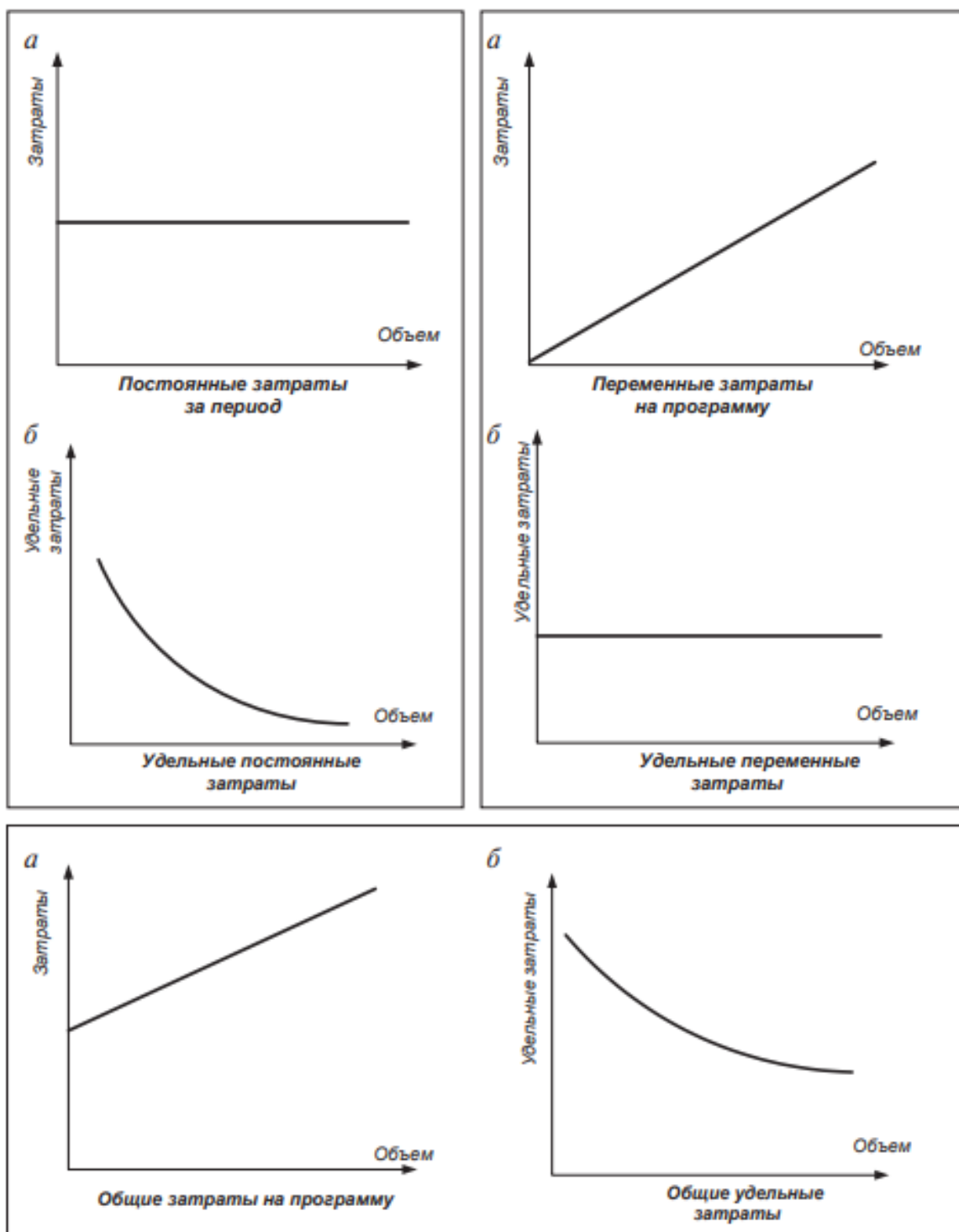


Рисунок 24 – Постоянные затраты и переменные затраты: а — затраты на объем; б — затраты на ед.

К переменным затратам будут относиться:

- пропорционально-переменные, которые меняются в прямом соответствии с увеличением или уменьшением объема производства;
- регрессивно-переменные, растущие медленнее объема производства;
- прогрессивно-переменные, увеличивающиеся быстрее, чем объем производства.

В структуру себестоимости производства гоночного болида вошли покупные детали и компоненты, расходные материалы и стоимость технологических процессов. Например, для расчета себестоимости сварки ключевые характеристики были сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Характеристики оборудования для сварки

Время эксплуатации оборудования в год, ч	1976
Время, затрачиваемое на болид	$1976 \times 3,10\% = 61,30$ ч
Цена оборудования, руб.	15750
Себестоимость содержания оборудования в год, руб.	7420
Себестоимость содержания оборудования, учитывая только время, затрачиваемое на болид, руб.	230
Амортизационные отчисления	33,33%
Размер амортизационных отчислений, руб.	5250
Амортизационные отчисления, учитывая только время, затрачиваемое на болид	1,03%
Размер амортизационных отчислений, учитывая только время, затрачиваемое на болид, руб.	163
Ставка рабочего, использующего оборудование, руб.	395,5
Страховые отчисления	65%
Потребляемая мощность, кВт	4
Ставка платы за электроэнергию, руб.	6,3
Аренда площади в год, руб.	5600
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	0,141
Аренда площади в год с учетом только площади, занимаемой оборудованием, руб.	790
С учетом только времени, затрачиваемого на болид, руб.	24,%

Чтобы начать расчет стоимости, были использованы общепринятые нормы времени на сварку и коэффициенты для определения времени на операцию.

Были получены следующие коэффициенты для процесса сварки:

Время основного процесса ( $T_m$ ): 0,0658

Время расчета поштучно ( $T_{pcs}$ ): 1,15

Расчет будет зависеть от продолжительности сварки и производиться по формулам (4) и (5):

$$C_1 = T_m \times n \quad (4)$$

$$C_2 = C_1 \times T_{pcs} \quad (5)$$

где  $C_1$  – время основного процесса, мин;

$C_2$  – время расчета поштучно, мин;

$T_m$  – коэффициент времени основного процесса;

$T_{pcs}$  – коэффициент расчета поштучно;

$n$  – количество минут.

Расчет общего времени для 1 см сварки будет выглядеть следующим образом:

$$0,0658 \times 10 \text{ мм} = 0,66 \text{ мин}$$

$$1,15 \times 0,66 = 0,76 \text{ мин}$$

В соответствии с общим временем и приведенной выше информацией можно рассчитать затраты на рабочую силу, электроэнергию, техническое обслуживание, амортизацию и аренду.

$$0,76 \text{ мин} \times 6,58 \text{ руб./мин} = 5 \text{ руб.}$$



$$0,76 \text{ мин} \times 5 \text{ руб.} \times 6,3 \text{ руб./кВт} = 0,35 \text{ руб.}$$

$$\frac{0,76 \text{ мин} \times 230 \text{ руб.}}{61,3 \text{ ч} \times 60} = 0,05 \text{ руб.}$$

$$\frac{0,76 \times \left(\frac{225}{100} \times 1,03\right)}{61,3 \text{ ч} \times 60} = 0,035 \text{ руб.}$$

$$0,76 \times \frac{24,5}{61,3 \text{ ч} \times 60} = 0,0007 \text{ руб.}$$

Общая стоимость 1 см сварки будет равняться:

$$5 \text{ руб.} + 0,35 \text{ руб.} + 0,05 \text{ руб.} + 0,035 \text{ руб.} + 0,0007 \text{ руб.} = 5,4357 \text{ руб.}$$

Исходя из проведенных расчетов, были описаны технологические процессы изготовления деталей и узлов гоночного болида.

Так, процесс изготовления переднего кулака, представленного на рисунке 25, подробно описан в таблице 5.

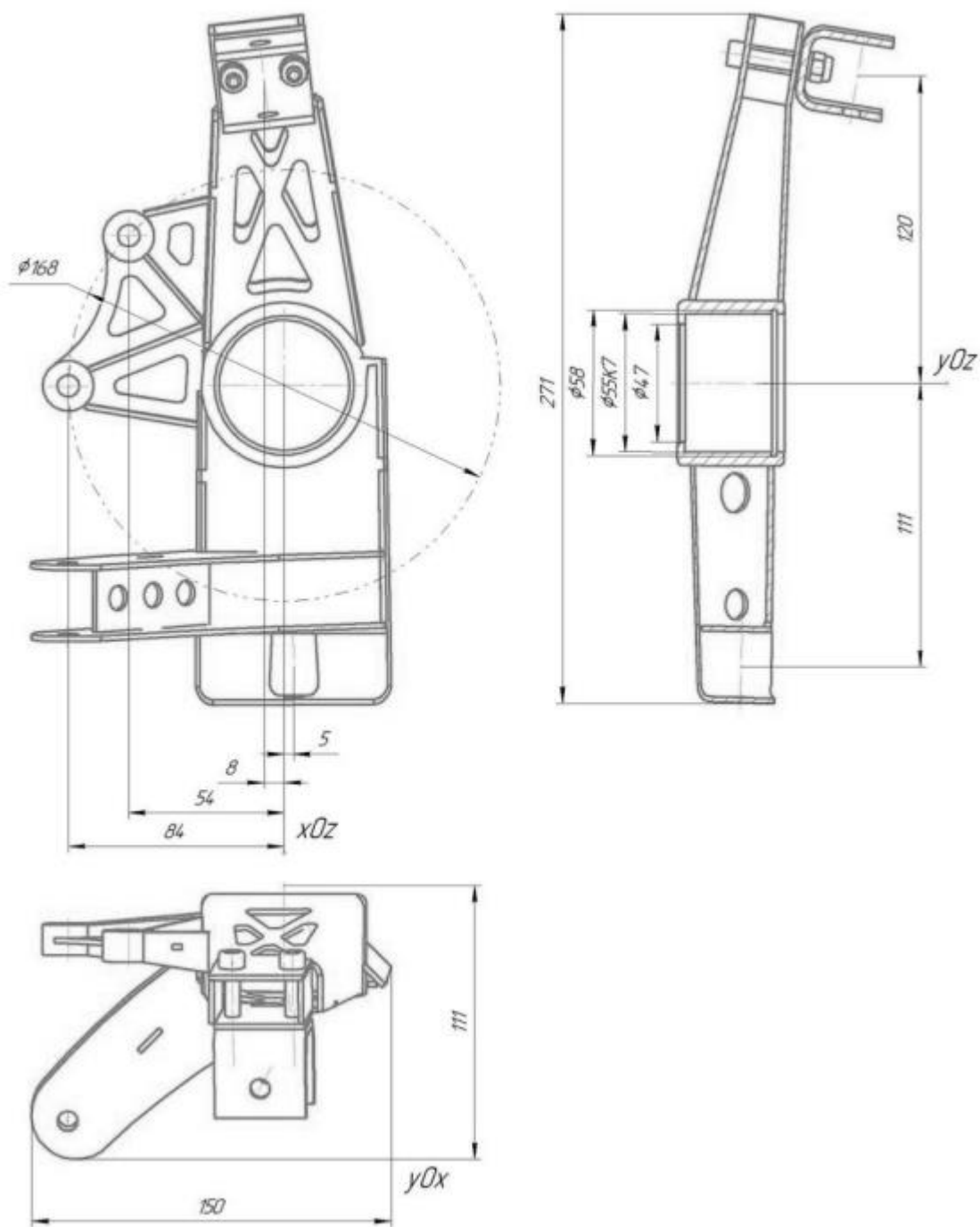


Рисунок 25 – Передний поворотный кулак

Передний поворотный кулак является сварной стальной конструкцией, сварка производится исключительно в специализированном стапеле. Для запрессовки подшипников используется стальная гильза, остальные части кулака изготовлены из гнутых двухмиллиметровых стальных пластин.

Таблица 5 – Описание процесса изготовления кулака

Материал/ процесс	Наименование	Пояснение	Себестоимость	Единицы измерения
Материал	Труба	Труба стальная, внешний диаметр 64 мм, внутренний диаметр 50 мм	1 x 123,90 = 123,90 руб.	886 г
Процесс	Резка	Отрезать трубу до длины 91 мм	1 x 9,10 = 9,10 руб.	1 рез
Процесс	Фрезерование	Торцевание	1 x 107,10 = 107,10 руб.	1253 мм <sup>3</sup>
Процесс	Фрезерование	Срезать материал до внешнего диаметра 63 мм	1 x 768,60 = 768,60 руб.	8977 мм <sup>3</sup>
Процесс	Сборка	Установить трубу в стапель для переднего кулака	1 x 7,70 = 7,70 руб.	1 шт.
Оснастка	Стапель	Стапель для сварки переднего кулака	1 x 1680,00 = 1680,00 руб.	1 шт.
Материал	Сталь	Стальная пластина толщиной 2 мм, 300 x 160 мм	1 x 56,00 = 56,00 руб.	800 г
Процесс	Лазерная резка	Вырезать форму 18 пластин	1 x 6195,00 = 6195,00 руб.	590 см
Процесс	Гибка	Погнуть 3 пластины	1 x 107,80 = 107,80 руб.	7 гибов
Процесс	Сборка	Установить пластины в стапель для переднего кулака	1 x 138,60 = 138,60 руб.	18 шт.
Материал	Сталь	Стальной пруток, диаметр 20 мм	1 x 9,10 = 9,10 руб.	64 г
Процесс	Резка	Разрезать пруток на 2 части	1 x 9,10 = 9,10 руб.	1 рез

Продолжение таблицы 5

Материал/ процесс	Наименование	Пояснение	Себестоимость	Единицы измерения
Процесс	Фрезерование	Торцевание	1 x 49,00 = 49,00 руб.	576 мм <sup>3</sup>
Процесс	Фрезерование	Вырезать отверстие в прутке диаметром 8 мм	1 x 101,50 = 101,50 руб.	1187 мм <sup>3</sup>
Процесс	Сборка	Установить прутки в стапель для переднего кулака	1 x 15,40 = 15,40 руб.	2 шт.
Материал	Сталь	Стальной пруток, диаметр 12 мм, длина 21 мм	1 x 2,80 = 2,80 руб.	8 г
Процесс	Фрезерование	Торцевание	1 x 9,80 = 9,80 руб.	110 мм <sup>3</sup>
Процесс	Фрезерование	Вырезать отверстие в прутке диаметром 7 мм	1 x 65,10 = 65,10 руб.	759 мм <sup>3</sup>
Процесс	Нарезание резьбы	Нарезать внутреннюю резьбу М8	1 x 11,20 = 11,20 руб.	2 см
Процесс	Сборка	Установить втулку в стапель для переднего кулака	1 x 7,70 = 7,70 руб.	1 шт.
Процесс	Сварка	Сварить части кулака вместе	1 x 686,70 = 686,70 руб.	1274 мм
Процесс	Фрезерование	Вырезать внутреннее отверстие в кулаке диаметром 55 мм	1 x 1376,20 = 1376,20 руб.	16081 мм <sup>3</sup>
Процесс	Фрезерование	Убрать излишки материала	1 x 493,50 = 493,50 руб.	5768 мм <sup>3</sup>

Продолжение таблицы 5

Материал/ процесс	Наименование	Пояснение	Себестоимость	Единицы измерения
Материал	Сталь	Стальной пруток, диаметр 16 мм, для втулки	1 x 0,70 = 0,70 руб.	7 г
Процесс	Фрезерование	Срезать материал до внешнего диаметра 11 мм на одном конце прутка	1 x 18,20 = 18,20 руб.	212 мм <sup>3</sup>
Процесс	Фрезерование	Вырезать отверстие диаметром 7 мм	1 x 13,30 = 13,30 руб.	154 мм <sup>3</sup>
Процесс	Нарезание резьбы	Нарезать внутреннюю резьбу М8	1 x 2,10 = 2,10 руб.	0,04 см
Процесс	Сварка	Приварить втулку к кулаку	1 x 27,30 = 27,30 руб.	50 мм
Материал	Купленный компонент	Подшипник 55 x 30 x 13	1 x 245,00 = 245,00 руб.	1 шт.
Процесс	Запрессовать	Запрессовать подшипник в кулак	1 x 5,60 = 5,60 руб.	1 шт.
Материал	Сталь	Стальная пластина толщиной 4 мм, для 4 проставочных колец	1 x 16,80 = 16,80 руб.	239 г
Процесс	Лазерная резка	Вырезать 2 проставочных кольца диаметром 55 / 49, 2 проставочных кольца диаметром 36 / 30 мм	1 x 1113,00 = 1113,00 руб.	106 см
Процесс	Вставить	Вставить проставочные кольца в кулак	1 x 28,00 = 28,00 руб.	4 шт.

Продолжение таблицы 5

Материал/ процесс	Наименование	Пояснение	Себестоимость	Единицы измерения
Материал	Купленный компонент	Подшипник 55 х 30 х 13	1 х 245,00 = 245,00 руб.	1 шт.
Процесс	Запрессовать	Запрессовать подшипник в кулак	1 х 5,60 = 5,60 руб.	1 шт.
Крепеж	Стопорное кольцо	Внутреннее, 55 мм	1 х 4,90 = 4,90 руб.	1 шт.
Процесс	Вставить	Вставить стопорное кольцо в кулак	1 х 7,00 = 7,00 руб.	1 шт.
Материал	Алюминий	Алюминиевый пруток, диаметр 40 мм, длина 49 мм	1 х 21,70 = 21,70 руб.	162 г

Аналогично было произведены расчеты для остальных систем автомобиля. В качестве ключевых систем были приняты:

- тяговая система,
- подвеска автомобиля,
- кузов,
- рулевой узел,
- система торможения,
- колеса,
- электрическая система.

Распределение себестоимости по данным системам наглядно продемонстрировано на рисунке 26.

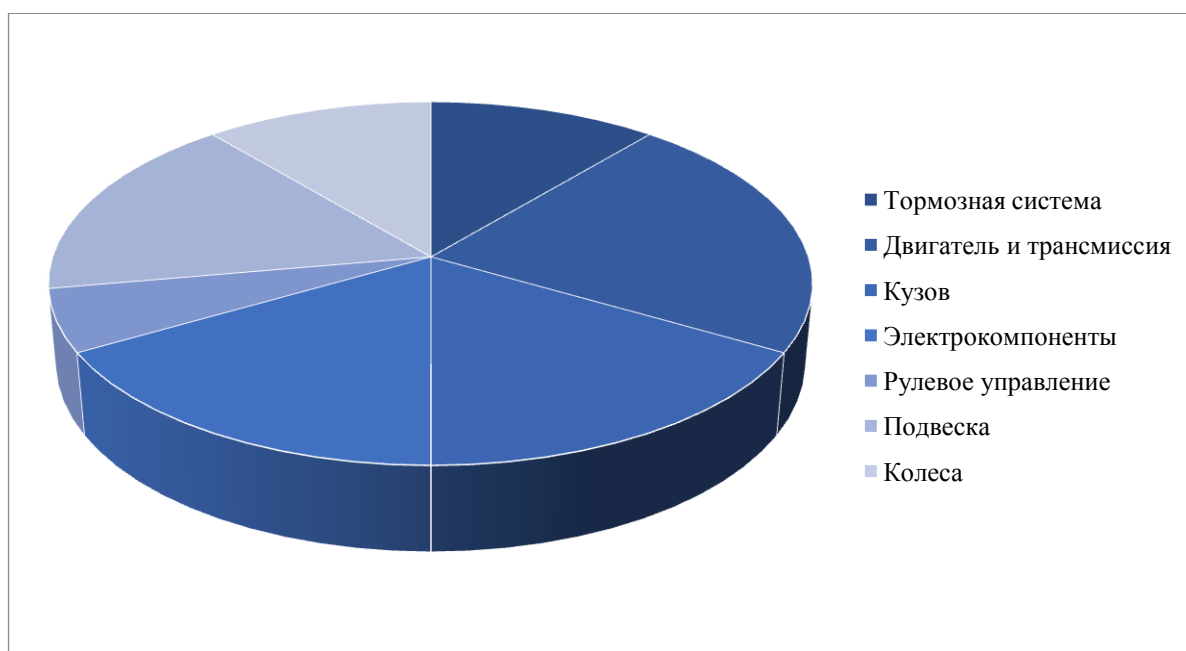


Рисунок 26 – Оценка издержек по системам

Таким образом, по итогам калькуляции для всех систем, общие издержки при изготовлении прототипа гоночного автомобиля составят около 20000 \$ или 1,4 млн рублей.

Следующим шагом в определении начальной цены является анализ цен и товаров конкурентов.

Для сопоставления рассматриваемого предприятия по производству болидов с другими аналогичными предприятиями приведем матрицу SWOT-анализа, которую занесем в таблицу 6 ниже. Данный анализ позволяет оценить внутренние и внешние факторы влияния на предприятие.

На пересечениях сильных и слабых сторон предприятия (проекта) с потенциальными возможностями и угрозами указываются возможные стратегии развития предприятия, которые позволят избежать угроз и использовать все имеющиеся возможности с учетом имеющегося потенциала организации.

Таблица 6 – Матрица анализа предприятия: возможности и угрозы

	<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Из ниши малого гоночного транспорта ушли многие крупные зарубежные производители (KTM, Ariel, Lotus).</li> <li>2. Из-за ограничений на посещение других стран, в России активно развивается малый автомобильный спорт.</li> <li>3. Малая конкуренция из-за низких инженерных компетенций предпринимателей, занимающих данную нишу.</li> </ol>	<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Прекращение поставок необходимых электрокомпонентов из-за рубежа.</li> <li>2. Резкий рост цен на комплектующие.</li> <li>3. Экономический кризис в стране, который ведет к снижению платежеспособности населения.</li> </ol>
<p>Сильные стороны:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Компания занимается производством малых гоночных автомобилей под заказ, каждый покупатель сам определяет, что ему нужно.</li> <li>2. В компании работают квалифицированные инженеры с опытом создания малых гоночных болидов на ДВС.</li> </ol>	<p>Стратегия развития:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перейти к разработке специализированной платформы гоночного автомобиля, а также различных КИТ-комплектов для того, чтобы потребитель мог подобрать себе автомобиль из уже существующих решений, что значительно сократит время на разработку.</li> <li>2. Обратит внимание на сегмент целевой аудитории, который составляют любители автомобильных гонок.</li> </ol>	<p>Стратегия потенциальных преимуществ:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Компания может заменить зарубежные аналоги деталями собственного производства. Это может быть осуществимо, поскольку в компании есть высококвалифицированные кадры. Такая стратегия позволит не зависеть от доступности поставок из-за рубежа и цен на компоненты.</li> <li>2. Активное участие на выставках и соревнованиях для привлечения внимания потенциального потребителя.</li> </ol>
<p>Слабые стороны:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Малая известность бренда компании на рынке.</li> <li>2. Производственные мощности не позволяют выйти на крупносерийное или среднесерийное производство.</li> </ol>	<p>Стратегия внутренних преобразований:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Провести маркетинговую кампанию, увеличить количество автовыставок, на которых будут появляться продукты компании.</li> <li>2. Увеличить штат сотрудников, в особенности из отдела маркетинга и продвижения.</li> </ol> <p>Вложить средства в оборудование для производства универсальной платформы.</p>	<p>Ограничения стратегического развития:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Из-за небольшого объема продаж компания в настоящий момент не обладает достаточным количеством средств для быстрого расширения или проведения масштабной рекламной кампании.</li> <li>2. Ниша, в которой работает компания, может оказаться слишком узкой.</li> </ol>



Поскольку ниша гоночных автомобилей для любителей является достаточно узкой, при анализе конкурентов следует учитывать и косвенных конкурентов, т.е. те продукты, которые отличаются по внешнему виду и техническим характеристикам от представленного гоночного болида, однако выполняют схожую функцию.

Одним из таких конкурентов являются багги – небольшие и сравнительно легкие автомобили высокой проходимости для езды по бездорожью.

Подробно была рассмотрена модель багги FunCruiser 2000 Super Sport, которая совмещает в себе хорошую проходимость и спортивное назначение. «При достаточно внушительных весовых показателях такой автомобиль может похвастаться относительной экономичностью потребления топлива» [15].

Внешний вид транспортного средства представлен на рисунке 27.



Рисунок 27 – Багги FunCruiser 2000 Super Sport

Данное транспортное средство является четырехколесным, рассчитано на одного человека. Двигатель 2000 см<sup>3</sup>, мощность 160 л.с. при цене в 3950000 рублей.

Преимуществом такого варианта перед гоночным болидом класса Formula Student будет являться устойчивость и возможность езды по бездорожью. Это, в свою очередь, приводит к очевидным недостаткам: недостаточной маневренности, большой массе.

Другим и наиболее близким по характеристикам и внешнему виду аналогом можно назвать класс прокатного картинга. Карты как гоночные автомобили предназначены для езды по треку на скорость, однако отличаются от болидов меньшими габаритами и более маленькой скоростью. В отличие от автомобиля Formula Student прокатные карты обычно используются для езды в крытых помещениях (специализированных картодромах), в то время как болиды участвуют в заездах на открытых площадках.

В качестве примера приведем картинг компании Zip Karting, которая находится в среднем ценовом сегменте и представляет прокатные карты широкого назначения и номенклатуры, включая как бензиновые, так и электрические версии.

Представленный на рисунке 28 карт предназначен для проката и обучения. Рама картинга сварена из трубы 30ХГСА диаметром 32 мм. Защитный бампер – высокомолекулярный полиэтилен, который без последствий выдерживает сильные удары. Карт представлен в сборе с двигателем Honda GX 270.



Рисунок 28 – Карт ФОРМУЛА в сборе с двигателем Honda GX270

«Тормоза – гидравлические. Шины – Дако или Митас слик. По заказу могут устанавливаться дождевые или зимние шины. Заднее расположение двигателя. Двигатель Honda GX270, мощность двигателя – 9 л.с. Карт «Формула» создан специально, чтобы удовлетворить требованиям безопасности в прокате. Двигатель, расположенный сзади не представляет опасности для водителя и его экипировки. Такие карты с успехом можно предлагать самым неподготовленным гонщикам. В то же время стабильность управления, вызванная длинной базой карта, хорошо помогают при езде по скользкому покрытию – на пыльных трассах, в дождь или зимой.

Другим примером может послужить похожий концепт картинга, изготавливаемый компанией RiMO.

Модель на рисунке 29 оснащена «цельной двухтрубчатой круговой защитой, крепящейся к раме через 12 сайлентблоков. Эта концепция безопасности обеспечивает постоянную защиту от столкновений со всех сторон. Сайлентблоки принимают на себя и распределяют энергию удара по всему карту. Круговая защита уменьшает и ваши вложения в ремонт.

Поскольку объемная защита не деформируется при столкновении, она не является частью, подверженной износу. Из-за наличия множества конструкторских решений, обеспечиваемых специальными дугами безопасности и пластиковым покрытием, а также новыми пластиковыми направляющими, система совместима с любыми системами управления треком» [20].



Рисунок 29 – Бензиновый картинг RiMO MiNi

Цена представленного выше картинга составляет 250000 рублей.

Наконец, еще одним конкурентом является прокатный карт от компании SD-kart (рисунок 30).



Рисунок 30 – Карт модели «ДРАЙВ» в сборе

Данный карт имеет «боковое расположение двигателя. Установлена система «Антигаз». Имеется передний и задний спойлер. Установлен спортивный главный тормозной цилиндр с расширительным бачком» [21].

Отдельно следует отметить возможность выбора двигателя при приобретении картинга. Пользователь может сделать выбор между двигателями Хонда GX 160 RHQ4 (5.5 л.с.), Хонда GX 200 RHQ4 (6.5 л.с.) и Хонда GX 270 RHQ5 (9.0 л.с.). Последний из вариантов является самым мощным и, как следствие, самым дорогостоящим. Общая цена данного прокатного картинга с учетом выбора последнего двигателя составит 310 тыс. рублей.

Для сравнения гоночного болида Formula Student с описанными конкурентами необходимо выявить наиболее существенные признаки всех моделей. Для автогоночного транспорта ключевыми параметрами будут выступать максимальная скорость, мощность двигателя, масса (влияет на маневренность и скорость), цена.

Результаты проведенного сравнительного анализа занесены в таблицу 7.

Таблица 7 – Сравнение транспортных средств

Характеристика	Гоночный болид Formula Student	Аналог 1	Аналог 2	Аналог 3	Аналог 4
Максимальная скорость, км/ч	180	100	45	52	48
Мощность двигателя, л.с.	52	160	9	14	9
Масса, кг	205	320	96	102	92
Цена, руб.	1400000	3950000	198022	250000	310000

На рисунках 31-34 сравнение конкурентов по выбранным параметрам представлено более наглядно.

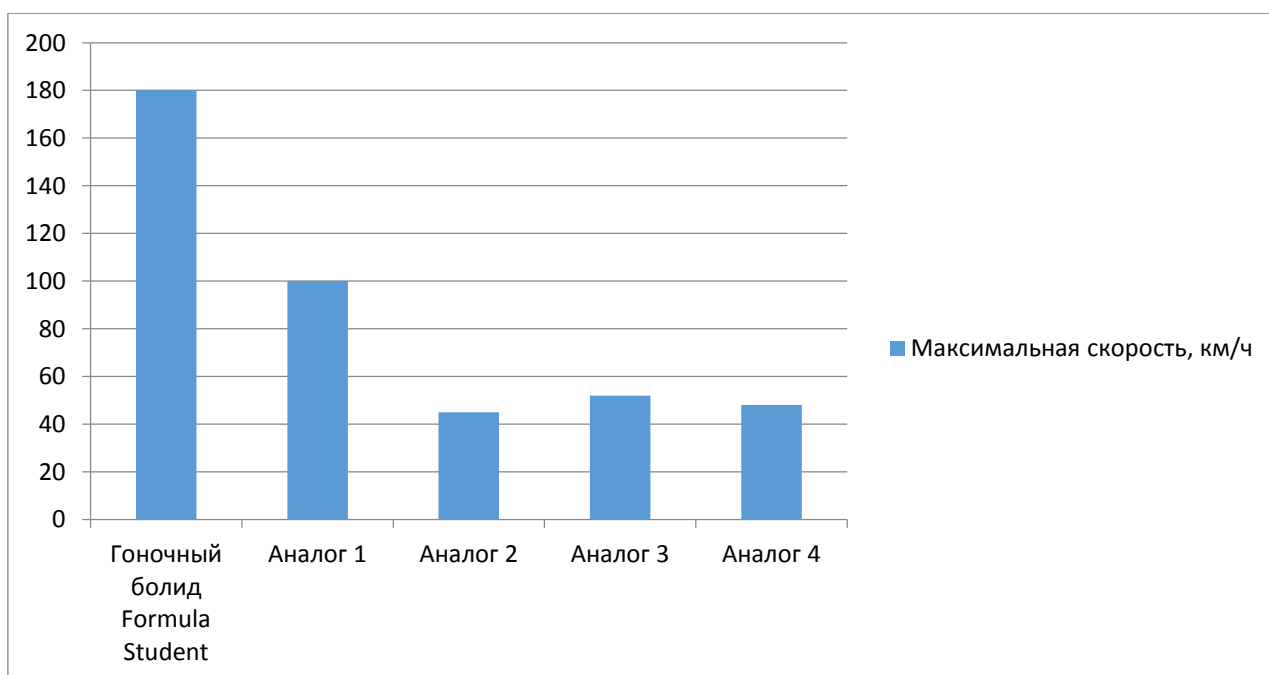


Рисунок 31 – Сравнение максимальной скорости

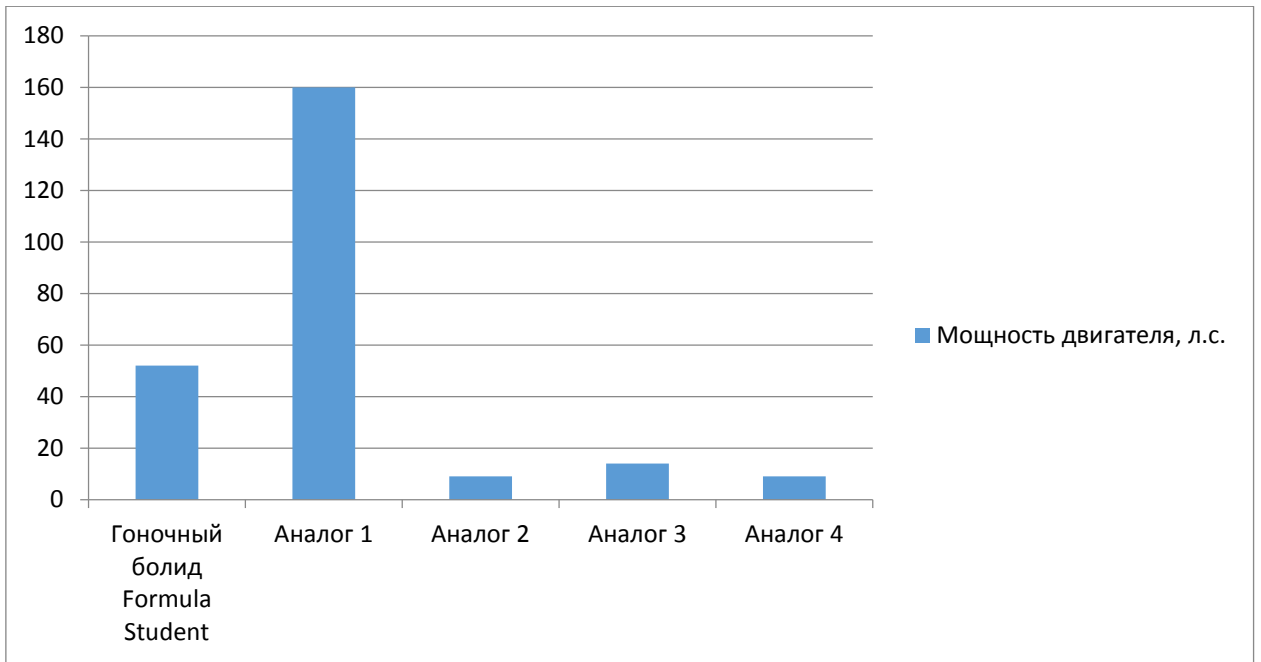


Рисунок 32 – Сравнение мощности двигателя

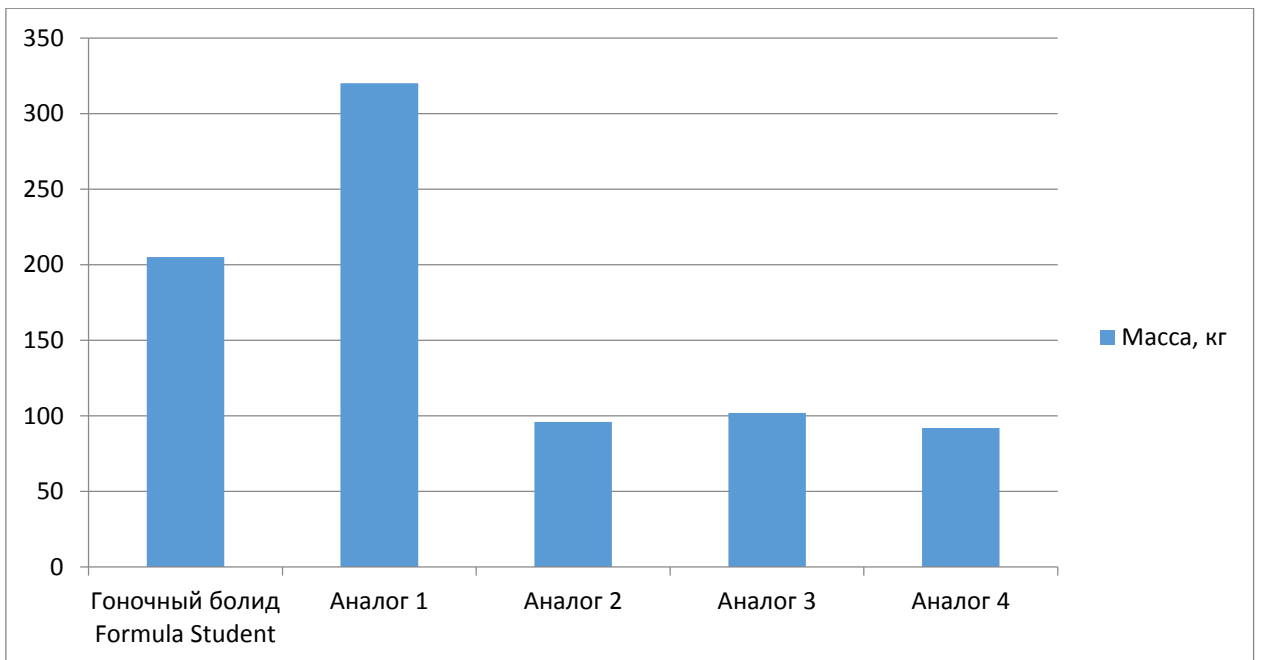


Рисунок 33 – Сравнение массы

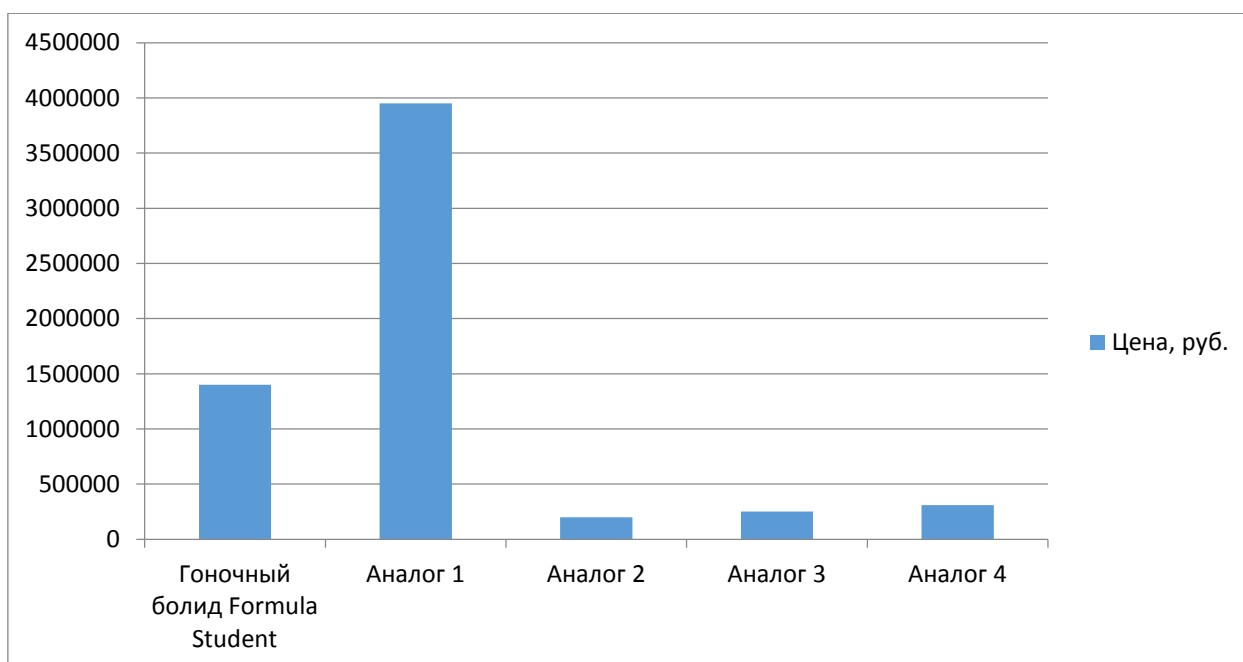


Рисунок 34 – Сравнение цены

Как видно из проведенного анализа, гоночный болид уступает конкурентам по такому показателю, как мощность двигателя. Максимальная скорость автомобиля, однако, превосходит остальные представленные модели.

По цене болид будет в достаточной степени превосходить аналоги 2, 3 и 4, то есть прокатные картинги, однако цена более чем в два раза меньше цены аналога 1 – багги. Кроме того, при максимально развиваемой скорости в 180 км/ч масса болида остается относительно небольшой – всего 205 кг. Отсюда можно сделать вывод, что предлагаемый продукт – гоночный болид – будет оставаться конкурентоспособным на рынке.

Следующим шагом в процессе расчета исходной цены будет выступать выбор метода ценообразования.

«При установлении цены также должны быть приняты во внимание факторы, оказывающие влияние на прогнозируемый уровень цены. Внутренние факторы – это уровень издержек на производство продукта (себестоимость продукта) и планируемый уровень рентабельности к



себестоимости. Уровень издержек ограничивает нижний предел цены – цена должна окупить затраты на производство продукта. Закладываемый в цену уровень рентабельности должен обеспечить получение определенной прибыли, которая необходима для дальнейшего развития предприятия. Обычно при планировании цены на новый продукт первоначально в цену включают размер прибыли на уровне среднеотраслевого норматива, в дальнейшем производят уточнение уровня рентабельности в зависимости от целей и задач предприятия на рынке и внешних факторов.

Внешние факторы – это те условия внешней среды, которые необходимо учитывать при формировании цены на новый продукт. К внешним факторам относится спрос, условия конкуренции, взаимодействие участников канала распределения, государственное регулирование.

На цены оказывает влияние уровень спроса на товар: чем ниже цена, тем доступнее товар и выше спрос. Чем выше доходы, тем большее внимание уделяется качеству товара, а высокие цены потребитель воспринимает как должное вознаграждение за качество. На уровень цен влияет количество и размер фирм-конкурентов, степень агрессивности их политики. Если в отрасли преобладает ценовая конкуренция, то устанавливаются более низкие цены, что способствует повышению спроса. Если преобладает неценовая конкуренция (конкуренция по качеству продукции), то потребитель отдает предпочтение тому товару, который может иметь более высокую цену при продаже, но экономит средства потребителя в процессе эксплуатации товара (экономия электроэнергии, более высокая надежность, низкие затраты на ремонт)» [12].

Выделяют несколько методов ценообразования. К ним относятся:

- затратные методы ценообразования;
- нормативно-параметрические методы ценообразования;
- методы ценообразования, ориентированные на спрос;
- методы ценообразования, учитывающие цены конкурентов.

В основу затратных методов ценообразования входит ценообразование на основе затрат и метод рентабельности инвестиций. В первом случае Цена определяется как сумма издержек и желаемой доли прибыли, во втором – цена продукции должна обеспечить запланированный доход на капитал, при этом желаемая доля прибыли рассчитывается исходя из затраченного капитала.

К недостаткам данной методики можно отнести то, что она не учитывает возможный спрос на продукт, а также использует не ожидаемые, а текущие затраты. Также, продуктовый портфель фирмы состоит из нескольких товаров, поэтому возникает проблема распределения косвенных расходов между ними.

Далее, к нормативно-параметрическому методу относится метод удельных показателей. Он «используется для определения цен по небольшим группам продукции, характеризующейся наличием одного основного параметра, величина которого в значительной мере определяет общий уровень цены изделия» [14].

Расчет производится по формулам (6) и (7):

$$C_n = C_{уд} N_n k_T \quad (6)$$

$$C_n = \frac{C_б}{N_б} \quad (7)$$

где  $C_б$  – цена базисного изделия, руб.;

$C_n$  – цена нового изделия, руб.;

$N_б$  – величина основного параметра базисного изделия;

$N_n$  – величина основного параметра нового изделия;

$C_{уд}$  – удельная цена единицы параметра, руб.;

$k_T$  – величина торможения (понижающий коэффициент),  $k_T = 0,8-$

0,9.

Таким образом, ключевые методы ценообразования перечислены на рисунке 35.

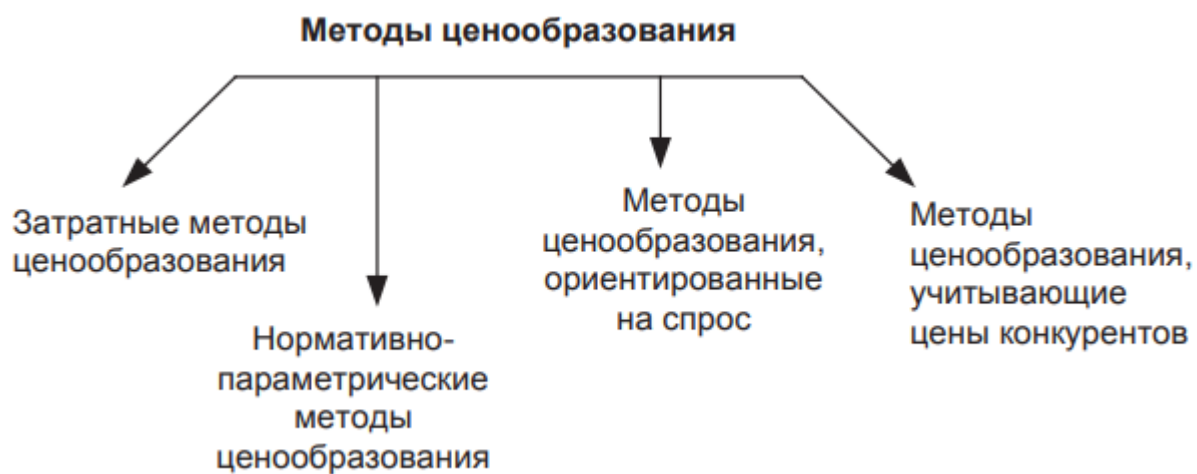


Рисунок 35 – Методы ценообразования

Для окончательного определения продажной цены гоночного болида класса Formula Student необходимо учесть маржу. Расчет цены в таком случае будет осуществляться по формуле (8):

$$Ц_{п} = \frac{C_{пер}}{1 - M} \quad (8)$$

где  $Ц_{п}$  – продажная цена, руб.;

$C_{пер}$  – переменные издержки на 1 автомобиль, руб.;

$M$  – маржа.

Будем учитывать себестоимость болида, равную 1,4 млн рублей и маржу в размере 20%:

$$Ц_{п} = \frac{1400000}{1 - 0,2}$$

$$C_{\text{п}} = 1750000 \text{ рублей}$$

Таким образом, цена болида, по которой предприятие сможет осуществлять его сбыт, составит 1,75 млн рублей.

#### Выводы по разделу

Был описан продукт производства – гоночный болид серии Formula Student, детально рассмотрены такие системы, как подвеска, обвес болида, система рулевого управления. Была рассчитана себестоимость автомобильного прототипа и возможная цена для продажи. Кроме того, в разделе приведено сравнение полученного продукта – гоночного болида – с конкурирующими аналогами на рынке. Для доказательства рентабельности проекта по производству гоночных автомобилей была разработана матрица SWOT-анализа с указанием сильных и слабых стороны описываемой разработки, а также возможностей и потенциальных угроз в масштабе российского рынка гоночной техники.

### **3 Производственная структура предприятия**

#### **3.1 Анализ исходных данных**

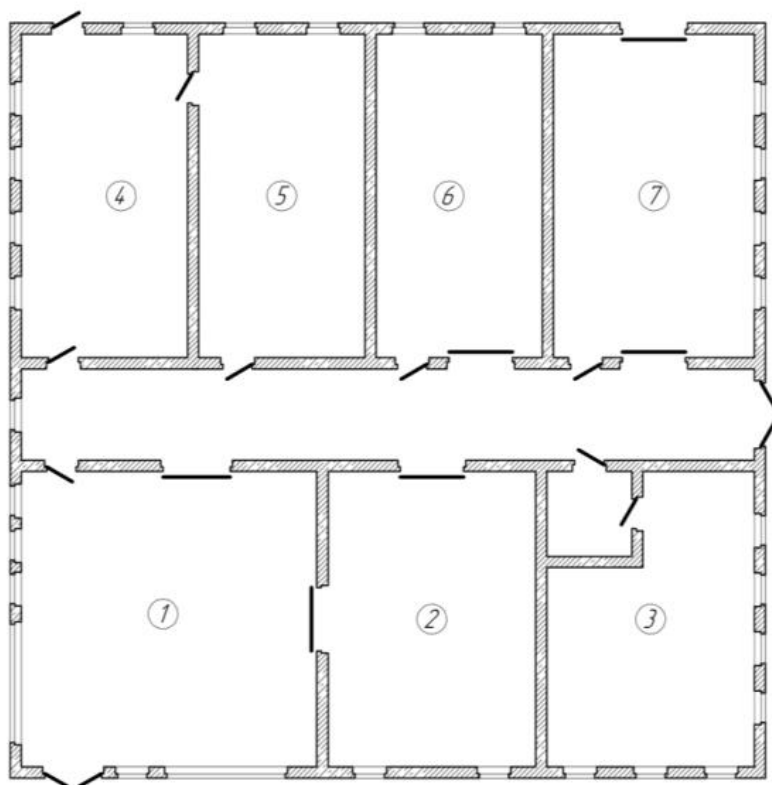
В качестве исходных данных имеется производственное помещение, изображенное на рисунке 36. На базе данного помещения будет работать организация, занимающаяся производством гоночных болидов.



Рисунок 36 – Внешний вид организации

Предприятие устроено таким образом, что его площади позволяют совмещать инженерные работы, монтаж и сборку, а также организационную работу в одном помещении. Это следует учитывать при создании структуры производства предприятия, поскольку такое устройство исключает временные и материальные затраты на взаимодействие разных звеньев производственного процесса.

Внутреннее устройство предприятие представлено на рисунке 37.



Номер помещения	Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>	Кат. помещения
1	Участок сборки	63,09	В
2	Участок механических работ	44,31	В
3	Окрасочный участок	38,34	А
4	Офисное помещение	38,86	Д
5	Учебный класс	38,94	Д
6	Участок для работы с карбонам	38,86	В
7	Склад	46,99	В

Рисунок 37 – Внутренний вид производства

«Организационная структура машиностроительного предприятия определяется функциональным назначением системы, протекающими в ней процессами для достижения целей организации.

Организационная структура – это формальные правила, разработанные менеджерами с целью:

- разделения труда и распределения официальных обязанностей среди отдельных сотрудников и групп;
- определения сферы контроля управления и соподчиненности в организации;
- координации всех функций, чтобы организация могла действовать как единое целое» [13].

Принято делить организационные структуры управления организацией на формальные и неформальные. К первым среди прочего относятся бюрократические и адаптивные системы, как показано на рисунке 38.



Рисунок 38 – Организационные структуры управления

Управленческая структура предприятия по производству болидов будет выглядеть, как показано на рисунке 39 и совмещать в себе три отдела:

- экономический отдел;
- инжиниринговый отдел;
- технический отдел.

Каждый из перечисленных отделов будет состоять из руководителя и подчиненных и выполнять определенные функции, направленные на обеспечение непрерывной работы предприятия.

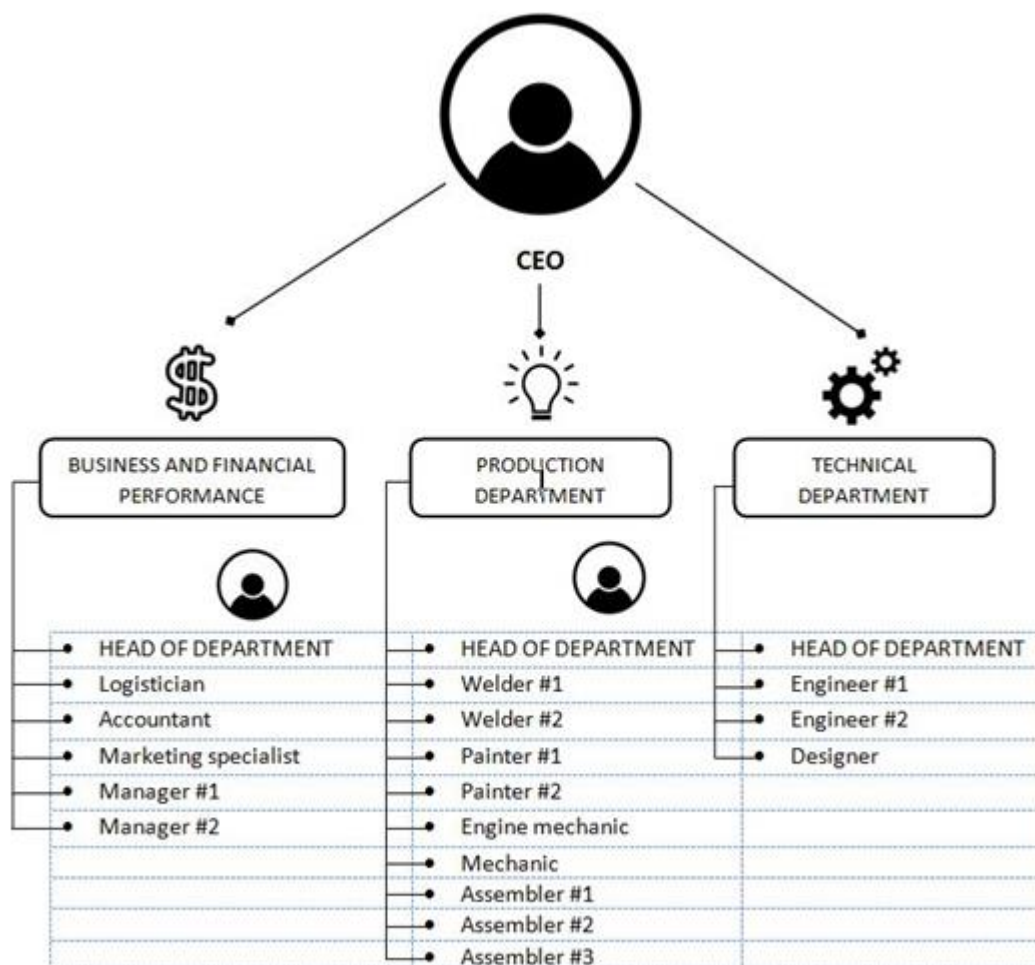


Рисунок 39 – Организационная структура предприятия

Предполагается, что персонала из экономического и инжинирингового отделов будет установлена ежемесячная заработная плата (на уровне средней рыночной), которая в финансовой структуре предприятия будет относиться к постоянным издержкам.

Для рабочих из технического отдела заработная плата будет рассчитываться сдельно, то есть будет относиться к переменным издержкам организации.

Так, пример расчета заработной платы за изготовление рамы для одного боида приведен в таблице 8.



Таблица 8 – Расчет заработной платы

Операция	Исполнитель	Ставка, руб.	Трудозатраты, чел.-ч	Премияльные отчисления, руб.	Страховые отчисления, руб.	Итого, руб.
				0,15	0,3	
Создание матрицы	Сборщик	219	8	263	604	2616
Работа на станке	Сборщик	219	16	525	1208	5233
Сварка	Сварщик	320	32	1536	3533	15309
Работа на стенде	Механик	219	4	131	302	1308
Подготовка поверхности	Механик	219	4	131	302	1308
Покраска	Маляр	300	24	1080	2484	10764
					Итого:	36538

Итоговая сумма расходов на выплату заработной платы составит 36538 рублей.

### 3.2 Организация производственного процесса

«Наиболее удобным и очевидным является построение графика проектирования работ в виде диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – это горизонтальный график, в котором работа над темой представлена длительными промежутками времени, характеризующимися датами начала и завершения работы. Для удобства составления графика продолжительность каждого из этапов работы с рабочих дней должна быть переведена на календарные дни» [16]. Коэффициент календарности определяется по формуле (9):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (9)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,478$$

Согласно формуле (10) можно вычислить трудоемкость работ  $t_{\text{ож1}}$  в человеко-днях:

$$t_{\text{ож1}} = \frac{3 \times t_{\text{min1}} + 2 \times t_{\text{max1}}}{5} \quad (10)$$

где  $t_{\text{min1}}$  – минимальное время на выполнение работы, чел-дней;

$t_{\text{max1}}$  – максимальное время на выполнение работы, чел-дней.

Так, при минимальном времени на выполнение операции, равном 2, и максимальном, равном 4, получим:

$$t_{\text{ож1}} = \frac{3 \times 2 + 2 \times 4}{5} = 2,8 \text{ дня}$$

В разработке гоночного болида участвуют: руководитель, главный инженер, отдел подвески, отдел рамы, отдел двигателя, отдел аэродинамики, отдел эргономики, отдел электротехники и отдел закупок.

В течение года ими выполняются следующие операции: определение концепта будущего автомобиля, календарное планирование работ, анализ технического задания, подбор компонентов и их закупка, определение точек подвески, проектирование рамы, проектирование остальных узлов, расчет статических характеристик, валидация результатов, доработка модели, утверждение финального концепта и модели, изготовление пространственной рамы, изготовление кулаков, изготовление обвеса, изготовление других узлов, общая компоновка автомобиля, настройка двигателя, составление эксплуатационно-технической документации, проведение тестов автомобиля

в реальных условиях эксплуатации, оценка эффективности полученных результатов.

При этом для пересчета длительность работ в рабочих днях в длительность работ в календарных днях использовалась формула (11):

$$T_{ki} = \frac{7}{5} \times T_{pi} \quad (11)$$

После проведения расчетов были составлены сводные таблицы 9–17 с временными показателями, которые отражают количество времени, затрачиваемое на разработку прототипа гоночного автомобиля:

Таблица 9 – Расчет временных показателей для руководителя

Наименование работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни		
1	2	3	4	5	6
Определение концепта	1	2	1,4	1,4	2
Календарное планирование работ	2	3	2,4	2,4	3
Анализ ТЗ	0	0	0	0	0
Подбор компонентов и их закупка	0	0	0	0	0
Определение точек подвески	0	0	0	0	0
Проектирование рамы	0	0	0	0	0
Проектирование остальных узлов	0	0	0	0	0
Расчет статических характеристик	0	0	0	0	0
Валидация результатов	0	0	0	0	0
Доработка модели	0	0	0	0	0
Утверждение финального концепта и модели	1	2	1,4	1,4	2
Изготовление пространственной рамы	0	0	0	0	0
Изготовление кулаков	0	0	0	0	0
Изготовление обвеса	0	0	0	0	0
Изготовление других узлов	0	0	0	0	0
Общая компоновка	0	0	0	0	0
Настройка двигателя	0	0	0	0	0
Составление эксплуатационно-технической документации	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6
Проведение тестов автомобиля в реальных условиях эксплуатации	0	0	0	0	0
Оценка эффективности полученных результатов	3	3,5	3,2	3,2	4

Таблица 10 – Расчет временных показателей для главного инженера

Наименование работы	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни		
1	2	3	4	5	6
Определение концепта	3	5	3,8	3,8	5
Календарное планирование работ	1	2,5	1,6	1,6	2
Анализ ТЗ	1,2	2	1,52	1,52	2
Подбор компонентов и их закупка	0	0	0	0	0
Определение точек подвески	0	0	0	0	0
Проектирование рамы	0	0	0	0	0
Проектирование остальных узлов	3	3,5	3,2	3,2	4
Расчет статических характеристик	1	2	1,4	1,4	2
Валидация результатов	1,5	3	2,1	2,1	3
Доработка модели	2	4	2,8	2,8	4
Утверждение финального концепта и модели	1	2	1,4	1,4	2
Изготовление пространственной рамы	0	0	0	0	0
Изготовление кулаков	0	0	0	0	0
Изготовление обвеса	0	0	0	0	0
Изготовление других узлов	0	0	0	0	0
Общая компоновка	3	6	4,2	4,2	6
Настройка двигателя	0	0	0	0	0
Составление эксплуатационно-технической документации	1	2	1,4	1,4	2
Проведение тестов автомобиля в реальных условиях эксплуатации	2	2,2	2,08	2,08	3
Оценка эффективности полученных результатов	0	0	0	0	0

Далее в таблицах будут представлены расчеты трудозатрат с переводом в календарные дни для основных отделов, которые работают над созданием болида, а именно: отдел подвески, рамы, двигателя, аэродинамики, эргономики, электротехники, а также отдел закупок.

Таблица 11 – Расчет временных показателей для отдела подвески

Наименование работы	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни		
1	2	3	4	5	6
Определение концепта	1,5	3	2,1	2,1	3
Календарное планирование работ	0,7	1	0,82	0,82	1
Анализ ТЗ	2,1	3	2,46	2,46	3
Подбор компонентов и их закупка	0	0	0	0	0
Определение точек подвески	4,7	6,8	5,54	5,54	8
Проектирование рамы	0	0	0	0	0
Проектирование остальных узлов	1,2	1,5	1,32	1,32	2
Расчет статических характеристик	1,1	2,2	1,54	1,54	2
Валидация результатов	1,2	2,4	1,68	1,68	2
Доработка модели	3	6	4,2	4,2	6
Утверждение финального концепта и модели	0	0	0	0	0
Изготовление пространственной рамы	0	0	0	0	0
Изготовление кулаков	4	8	5,6	5,6	8
Изготовление обвеса	0	0	0	0	0
Изготовление других узлов	0	0	0	0	0
Общая компоновка	3	6	4,2	4,2	6
Настройка двигателя	0	0	0	0	0
Составление эксплуатационно-технической документации	0,5	1	0,7	0,7	1
Проведение тестов автомобиля в реальных условиях эксплуатации	0	0	0	0	0
Оценка эффективности полученных результатов	0	0	0	0	0

Таблица 12 – Расчет временных показателей для отдела рамы

Наименование работы	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни		
1	2	3	4	5	6
Определение концепта	1,4	2,8	1,96	1,96	3
Календарное планирование работ	0,7	1	0,82	0,82	1
Анализ ТЗ	2,1	3	2,46	2,46	3
Подбор компонентов и их закупка	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6
Определение точек подвески	0	0	0	0	0
Проектирование рамы	5	7	5,8	5,8	8
Проектирование остальных узлов	1,2	1,5	1,32	1,32	2
Расчет статических характеристик	1,1	2,2	1,54	1,54	2
Валидация результатов	1,2	2,4	1,68	1,68	2
Доработка модели	3	6	4,2	4,2	6
Утверждение финального концепта и модели	0	0	0	0	0
Изготовление пространственной рамы	5	9	6,6	6,6	9
Изготовление кулаков	0	0	0	0	0
Изготовление обвеса	0	0	0	0	0
Изготовление других узлов	0	0	0	0	0
Общая компоновка	3	6	4,2	4,2	6
Настройка двигателя	0	0	0	0	0
Составление эксплуатационно-технической документации	0,5	1	0,7	0,7	1
Проведение тестов автомобиля в реальных условиях эксплуатации	0	0	0	0	0
Оценка эффективности полученных результатов	0	0	0	0	0

Таблица 13 – Расчет временных показателей для отдела двигателя

Наименование работы	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни		
1	2	3	4	5	6
Определение концепта	1,4	2,7	1,92	1,92	3
Календарное планирование работ	0,7	1	0,82	0,82	1
Анализ ТЗ	2,1	3	2,46	2,46	3
Подбор компонентов и их закупка	0	0	0	0	0
Определение точек подвески	0	0	0	0	0
Проектирование рамы	0	0	0	0	0
Проектирование остальных узлов	3	5	3,8	3,8	5
Расчет статических характеристик	1,2	2,4	1,68	1,68	2
Валидация результатов	1,2	2,4	1,68	1,68	2
Доработка модели	3	6	4,2	4,2	6
Утверждение финального концепта и модели	0	0	0	0	0
Изготовление пространственной рамы	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6
Изготовление кулаков	0	0	0	0	0
Изготовление обвеса	0	0	0	0	0
Изготовление других узлов	0	0	0	0	0
Общая компоновка	3	6	4,2	4,2	6
Настройка двигателя	4	8	5,6	5,6	8
Составление эксплуатационно-технической документации	0,5	1	0,7	0,7	1
Проведение тестов автомобиля в реальных условиях эксплуатации	0	0	0	0	0
Оценка эффективности полученных результатов	0	0	0	0	0

Таблица 14 – Расчет временных показателей для отдела аэродинамики

Наименование работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни		
1	2	3	4	5	6
Определение концепта	1,2	2,5	1,72	1,72	2
Календарное планирование работ	0,7	1	0,82	0,82	1
Анализ ТЗ	2,1	3	2,46	2,46	3
Подбор компонентов и их закупка	0	0	0	0	0
Определение точек подвески	0	0	0	0	0
Проектирование рамы	0	0	0	0	0
Проектирование остальных узлов	4	7	5,2	5,2	7
Расчет статических характеристик	1,2	2,4	1,68	1,68	2
Валидация результатов	1,2	2,4	1,68	1,68	2
Доработка модели	3	6	4,2	4,2	6
Утверждение финального концепта и модели	0	0	0	0	0
Изготовление пространственной рамы	0	0	0	0	0
Изготовление кулаков	0	0	0	0	0
Изготовление обвеса	5	9	6,6	6,6	9
Изготовление других узлов	0	0	0	0	0
Общая компоновка	3	6	4,2	4,2	6
Настройка двигателя	0	9	0	0	0
Составление эксплуатационно-технической документации	0,5	1	0,7	0,7	1
Проведение тестов автомобиля в реальных условиях эксплуатации	0	0	0	0	0
Оценка эффективности полученных результатов	0	0	0	0	0

Таблица 15 – Расчет временных показателей для отдела эргономики

Наименование работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни		
1	2	3	4	5	6
Определение концепта	1	2	1,4	1,4	2
Календарное планирование работ	0,7	1	0,82	0,82	1
Анализ ТЗ	2,1	3	2,46	2,46	3
Подбор компонентов и их закупка	0	0	0	0	0
Определение точек подвески	0	0	0	0	0
Проектирование рамы	0	0	0	0	0
Проектирование остальных узлов	3,5	6	4,5	4,5	6
Расчет статических характеристик	0,8	1,6	1,12	1,12	2
Валидация результатов	1,2	2,4	1,68	1,68	2
Доработка модели	3	6	4,2	4,2	6
Утверждение финального концепта и модели	0	0	0	0	0
Изготовление пространственной рамы	0	0	0	0	0
Изготовление кулаков	0	0	0	0	0
Изготовление обвеса	0	0	0	0	0
Изготовление других узлов	3	4,5	3,6	3,6	5
Общая компоновка	3	6	4,2	4,2	6
Настройка двигателя	0	0	0	0	0
Составление эксплуатационно-технической документации	0,5	1	0,7	0,7	1
Проведение тестов автомобиля в реальных условиях эксплуатации	0	0	0	0	0
Оценка эффективности полученных результатов	0	0	0	0	0

Таблица 16 – Расчет временных показателей для отдела электротехники

Наименование работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни		
1	2	3	4	5	6
Определение концепта	1	2	1,4	1,4	2
Календарное планирование работ	0,7	1	0,82	0,82	1
Анализ ТЗ	2,1	3	2,46	2,46	3
Подбор компонентов и их закупка	0	0	0	0	0



Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6
Определение точек подвески	0	0	0	0	0
Проектирование рамы	0	0	0	0	0
Проектирование остальных узлов	1	3	1,8	1,8	3
Расчет статических характеристик	0,2	0,4	0,28	0,28	0
Валидация результатов	1,2	2,4	1,68	1,68	2
Доработка модели	3	6	4,2	4,2	6
Утверждение финального концепта и модели	0	0	0	0	0
Изготовление пространственной рамы	0	0	0	0	0
Изготовление кулаков	0	0	0	0	0
Изготовление обвеса	0	0	0	0	0
Изготовление других узлов	2	3	2,4	2,4	3
Общая компоновка	3	6	4,2	4,2	6
Настройка двигателя	0	0	0	0	0
Составление эксплуатационно-технической документации	0,5	1	0,7	0,7	1
Проведение тестов автомобиля в реальных условиях эксплуатации	0	0	0	0	0
Оценка эффективности полученных результатов	0	0	0	0	0

Таблица 17 – Расчет временных показателей для отдела закупок

Наименование работы	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни		
1	2	3	4	5	6
Определение концепта	0	0	0	0	0
Календарное планирование работ	0	0	0	0	0
Анализ ТЗ	0	0	0	0	0
Подбор компонентов и их закупка	5	7	5,8	5,8	8
Определение точек подвески	0	0	0	0	0
Проектирование рамы	0	0	0	0	0
Проектирование остальных узлов	0	0	0	0	0
Расчет статических характеристик	0	0	0	0	0
Валидация результатов	0	0	0	0	0
Доработка модели	0	0	0	0	0
Утверждение финального концепта и модели	0	0	0	0	0
Изготовление пространственной рамы	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6
Изготовление кулаков	0	0	0	0	0
Изготовление обвеса	0	0	0	0	0
Изготовление других узлов	0	0	0	0	0
Общая компоновка	0	0	0	0	0
Настройка двигателя	0	0	0	0	0
Составление эксплуатационно-технической документации	0	0	0	0	0
Проведение тестов автомобиля в реальных условиях эксплуатации	0	0	0	0	0
Оценка эффективности полученных результатов	0	0	0	0	0

Проведенные расчеты показали, что самыми трудозатратными процессами являются общая компоновка (29,4 чел-ч), проектирование узлов (21,14 чел-ч), анализ ТЗ (16,28 чел-ч), определение концепта (15,7 чел-ч) и валидация результатов (12,18 чел-ч). Наименее трудозатратными можно назвать такие процессы, как проведение тестов автомобиля (2,08 чел-ч), утверждение концепта и модели (2,8 чел-ч), оценка эффективности полученных результатов (3,2 чел-ч).

Более наглядно последовательность проводимых работ показана далее на рисунке 40. Как видно из рисунка, условно весь производственный процесс можно разделить на этап проектирования, этап сборки и этап апробации. Руководитель проекта участвует в случае необходимости согласования ключевых решений, отдел закупок подключается в конце этапа проектирования для производства закупок необходимых компонентов.

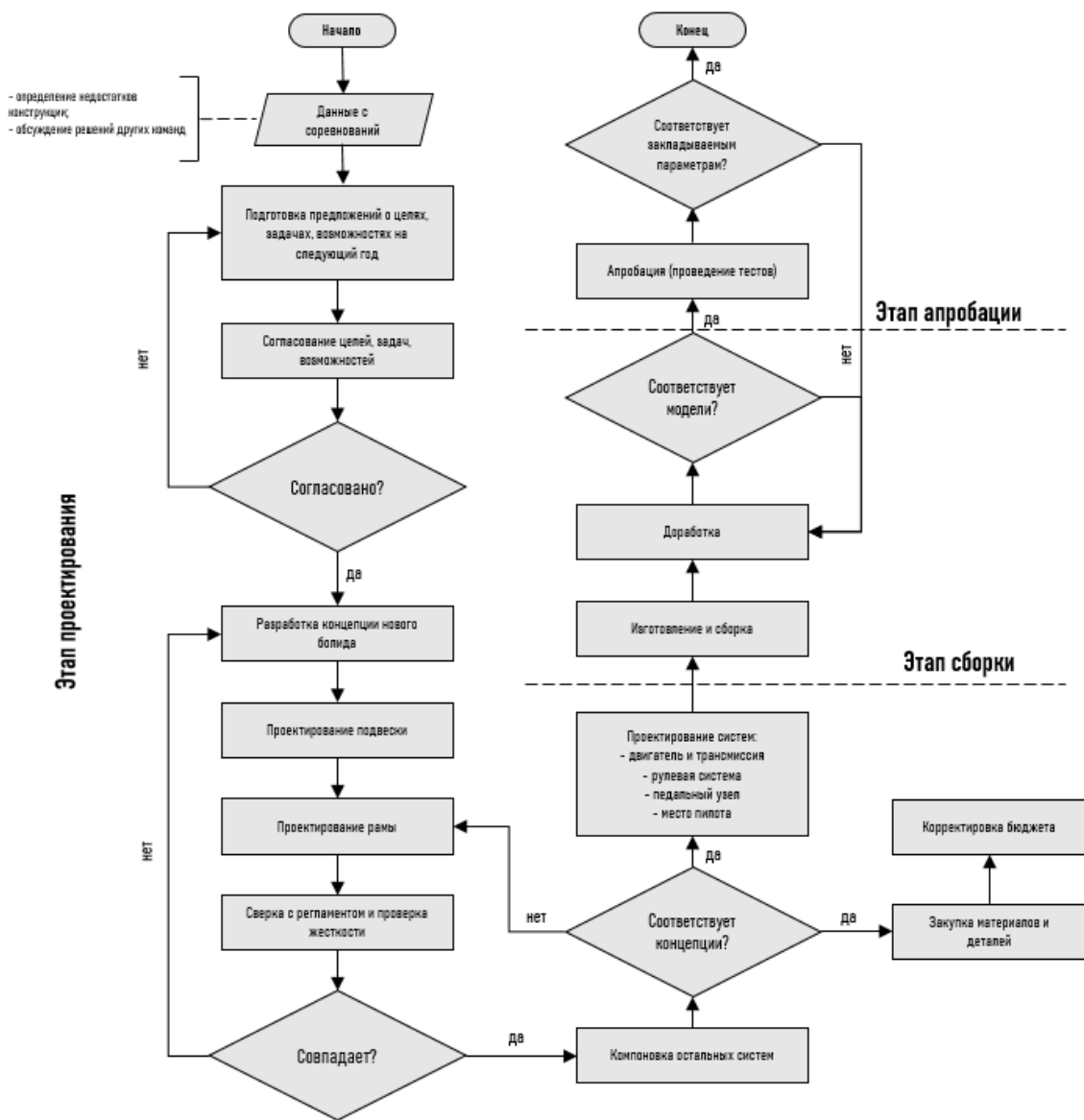


Рисунок 40 – Производственный процесс

Инженерные отделы принимают участие в работе на протяжении всех производственных этапов.

#### Выводы по разделу

Процесс по разработке и созданию гоночного болида был разбит на отдельные операции, для которых была рассчитана трудоемкость в чел-ч, а также в количестве затрачиваемых рабочих и календарных дней. По полученным данным можно сделать вывод об общих трудозатратах и составить диаграмму Ганта.

## Заключение

Проект Formula Student входит в число ключевых практикоориентированных проектов, направленных на отработку студентами полученных теоретических знаний в рамках практической работы над реальным прототипом гоночного автомобиля. Разработка болида класса Formula Student предполагает создание общей концепции автомобиля и проектирование отдельных узлов, которые соответствуют целям команды и будут наиболее эффективны в ходе спортивно-гоночных соревнований.

Так, в рамках данного дипломного проекта была подробно рассмотрена организация процесса производства модели болида 2023 года Scorpion G5.

В ходе работы был выполнен ряд задач. Был проанализирован формат и организация современного машиностроительного производства; описан международный проект «Формула Студент» как вид проектноориентированных работ, выполняемых студентами в ходе обучения; дано описание продукции, которую выпускает рассматриваемое в рамках работы предприятие, – гоночный болид класса «Формула Студент» с заданными характеристиками; рассчитана себестоимость изготовления прототипа автомобиля с опорой на ключевые узлы; предложена организационная модель предприятия.

Таким образом, было рассчитано, что себестоимость гоночного болида класса Formula Student составляет 1,4 млн рублей, его продажная цена при маржинальности проекта в 20% – 1,75 млн рублей.

Для производства прототипа автомобиля потребуется работа таких отделов как отдел подвески, отдел рамы, отдел двигателя, отдел аэродинамики, отдел эргономики, отдел электротехники и отдел закупок. Кроме того, в проекте будут принимать участие руководитель и главный инженер. Работы по производству будут завершены за 202 календарных дня, начиная с сентября текущего года. График с рассчитанными трудозатратами представлен в виде диаграммы Ганта.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Амелин В. С. Организация производства в машиностроении в условиях цифровой трансформации // Организатор производства. 2020. №1. С. 17–23.
2. Белов М. Ю., Аникеева А. В. Проблемы организации метрологического обеспечения технологических процессов машиностроительного производства // Современные материалы, техника и технологии. 2019. №6 (27). С. 32–38.
3. Головин Д. В. Оценка погрешностей при производстве рамы болида «Формула Студент» // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №8 (50). С. 33–35.
4. Дубровская Е. С. Научно-технические разработки в отрасли машиностроения России // Московский экономический журнал. 2022. №12. С. 445–450.
5. Завозина О. Ю. Оценка эффективности организации машиностроительного производства на основе единого критерия качества // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия «Машиностроение». 2021. №1. С. 114–132.
6. Игнатьева С. Н. Эффективность процесса производства // Экономика и социум. 2017. №1 (32). С. 747–754.
7. Каблашова И. В., Цуканова А. А. Обеспечение качества организации производственных и трудовых процессов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2013. С. 3–5.
8. Каблашова И. В., Цуканова А. А. Факторы обеспечения качества организации производственных процессов в условиях инноваций // Организатор производства. 2012. №3. С. 1–4.
9. Козловский В. Н., Клентак А. С., Благовещенский Д. И. Организация производства при решении проблем качества в процессе проектирования

новых автомобилей // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2020. №2. С. 67–74.

10. Корнева Е. Р. Технологический процесс производства продукции // Наука, техника и образование. 2015. С. 1–2.

11. Косова В. А., Гасюк Д. П. К вопросу анализа условий разработки технологических процессов машиностроительных предприятий // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. №2. С. 655–658.

12. Краснов С. В., Сорокин С. В. Организация производства автомобилей по индивидуальному заказу потребителя на основе современных информационных технологий // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. 2012. С. 1–8.

13. Лазарев А. Ю., Лисицин В. Н., Трушин Н. Н. Принципы эффективного управления инструментальным обеспечением станочного парка машиностроительного предприятия // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. №6. С. 215–223.

14. Минеева Т. А., Калинина Н. Е., Кузнецова Н. А. Внедрение проектного офиса на машиностроительном предприятии // Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право». 2022. №5. С. 836–841.

15. Плетин Д. А. Особенности конструкции гоночных автомобилей класса Формула // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2014. №1 (19). С. 63–66.

16. Сайфутдинов Ф. Ф. Интерьер автомобиля класса «Формула-Студент» // Вестник науки. 2023. №5 (62). С. 824–827.

17. Скоробогатов А. С. Методика определения уровня конструкторско-технологической подготовки производства машиностроительных предприятий // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. 2020. №2. С. 195–206.

18. Хрякин К. С. Проблемы эффективной работы аэродинамических элементов гоночных автомобилей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. С. 3–4.

19. Чертыковцев В. К. Интенсивность логистических процессов производства // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2021. №3. С. 192–199.

20. Borisov A., Cheremkina S., Ivanova E., Kirillina A., Alekseev A. Manufacturing process management at machine-building enterprises: Main differences of formation and development // Proceedings of the II international conference on advances in materials, systems and technologies. 2021. No. 1. Pp. 1–7.

21. Dolgov V. A., Nikishechkin P. A., Arkhangelskii V. E., Umnov P. I., Podkidyshev A. A. Models for Managing Production Systems of Machine-Building Enterprises Based on the Development and Using of Their Digital Twins // International Conference “Modeling of Nonlinear Processes and Systems”. 2021. No. 248. Pp. 1–5.

22. Emanakov I. V., Ovchinnikov S. A. Application of Standardization and Lean Production Methods for the Development of Management Systems at Machine-Building Enterprises // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Strategy of Development of Regional Ecosystems “Education-Science-Industry”. 2021. No. 208. Pp. 123–129.

23. Priimak E. V., Razina I. S. Machine-building organization production using quality management methods // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Pp. 1–4.

24. Tipner L., Markova Y., Vasiliev N. Organizational Problems of Machine-Building Enterprises in the Context of Small-Scale Production // MATEC Web of Conferences. 2021. Pp. 1–6.