

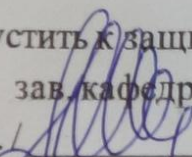


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»

Кафедра «Автомобили»

Допустить к защите
зав. кафедрой

Иванов А.М. /  /

«22» июня 2021 г.

Зуев Олег Дмитриевич

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему: «Аэродинамические исследования перспективной модели
автомобиля “Нива”»

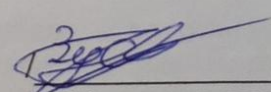
шифр и направление подготовки / специальность
23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

направленность (профиль) / специализация
«Автомобильная техника в транспортных технологиях»

группа 5А3

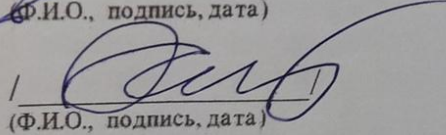
Автор ВКР

Зуев О.Д.

 /
(Ф.И.О., подпись, дата)

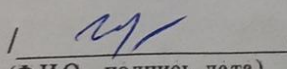
Руководитель ВКР

Осипов В.И.

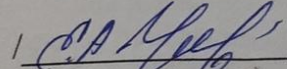
 /
(Ф.И.О., подпись, дата)

Консультант(ы) ВКР

Шашина Е.В.

 /
(Ф.И.О., подпись, дата)

Чириканова Е.А.

 /
(Ф.И.О., подпись, дата)

Москва
2021

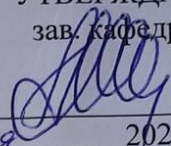
МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

Кафедра «Автомобили»

Шифр и направление подготовки / специальность
23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

направленность (профиль) / специализация
«Автомобильная техника в транспортных технологиях»

УТВЕРЖДАЮ
зав. кафедрой

Иванов А.М. /  /
« 22 » ИЮНЯ 2021 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

Зуев Олег Дмитриевич
(фамилия, имя, отчество полностью)

Тема ВКР

«Аэродинамические исследования перспективной модели автомобиля «Нива»»

утверждена приказом МАДИ от «22» апреля 2021 г. № 1183СТ

1. Исходные данные по ВКР:

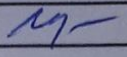
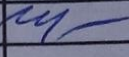
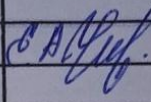
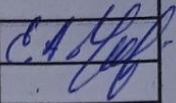
Учебное пособие «Автомобили: Конструкция и рабочие процессы», А.М. Иванов;
Учебное пособие «Компьютерные технологии при проектировании и аэродинамических исследованиях легкого автомобиля», В.И. Осипов, П.С. Михеев, И.Г. Маренков.

2. Обоснование темы ВКР и перечень, подлежащих разработке вопросов:

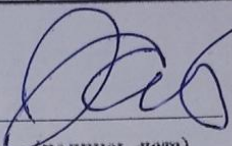
Цели работы: моделирование кузова концептуальной модели легкового автомобиля «Нива» инструментами 3-D моделирования в программном ресурсе SolidWorks; Исследование аэродинамических свойств модели кузова автомобиля в подпрограмме SolidWorks Flow Simulation.

Содержание расчетно-пояснительной записки: 1) автомобиль в воздушной среде; 2) проектирование модели автомобиля; 3) проектирование модели автомобиля в программном ресурсе SolidWorks; 4) Аэродинамические исследования модели автомобиля в программном ресурсе SolidWorks Flow Simulation; 5) обеспечение безопасности оператора в процессе компьютерного моделирования; 6) оценка экономической эффективности компьютерных испытаний; 7) выводы.

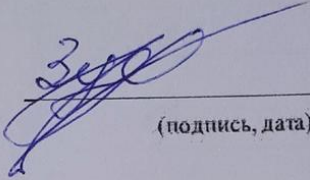
Перечень графических материалов: 1) цели ВКР; 2) этапы проектирования автомобиля; 3) подготовка видовых эскизов; 4) создание основных частей кузова; 5) создание прочих элементов и преобразование в твердотельную модель; 6) сборка; 7) компьютерные исследования в подпрограмме SW Flow Simulation; 8) результаты исследований; 9) анализ результатов исследований; 10) влияние коэффициента C_x от уровня дробления сетки; 11) влияние внешних элементов автомобиля на аэродинамический коэффициент C_x ; 12) влияние внутренних потоков на коэффициент C_x ; 13) влияние отвода тепла с подкапотного пространства («жабр») на коэффициент C_x ; 14) обеспечение безопасности оператора в процессе компьютерного моделирования; 15) оценка экономической эффективности компьютерных испытаний; 16) Выводы.

№ п/п	Наименование этапа работы (раздела)	Ф.И.О. должность, уч. степень, звание руководителя / консультанта (этапа работы раздела)	Срок выполнения этапа, раздела	Подпись, дата	
				Задание выдал	Задание принял
1	ПЭБ	Шашина Е.В. доцент, к.т.н.			
2	Экономика	Чириканова Е.А. доцент, к.э.н.			

Руководитель ВКР


 _____ / Осипов В.И. /
 (подпись, дата)

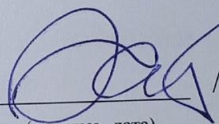
Задание принял
к исполнению


 _____ / Зуев О.Д. /
 (подпись, дата)

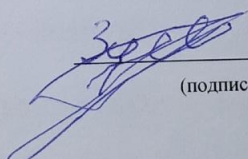
КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов работы	Сроки выполнения этапов работы	Примечание
1	Встреча с руководителем	19.02.2021	выполнено
2	Составление плана ВКР	26.02.2021	выполнено
3	Написание введения	12.03.2021	выполнено
4	Написание первой главы	26.03.2021	выполнено
5	Написание второй главы	14.04.2021	выполнено
6	Написание третьей главы	22.04.2021	выполнено
7	Написание четвертой главы	11.05.2021	выполнено
8	Написание экономической части	2.06.2021	выполнено
9	Написание части ПЭБ	8.06.2021	выполнено
10	Сдача экономической части	2.06.2021	выполнено
11	Сдача части ПЭБ	13.06.2021	выполнено
12	Предзащита и исправление ВКР	16.06.2021	выполнено
13	Проверка на Антиплагиат	18.06.2021	выполнено
14	Получение подписи у заведующего кафедрой	22.06.2021	выполнено
15	Защита ВКР	23.06.2021	выполнено

Руководитель ВКР


 /Осипов В.И./
 (подпись, дата)

Автор ВКР


 /Зуев О. Д./
 (подпись, дата)

Оглавление

Введение.....	8
Глава 1. Автомобиль в воздушной среде.....	10
1.1. Взаимодействие автомобиля с воздушным потоком.....	10
1.2. Методы аэродинамических исследований автомобиля.	11
Глава 2. Проектирование модели автомобиля.	13
2.1. Общая схема проектирования.....	13
2.2. Аэродинамическое проектирование автомобиля.	14
Глава 3. Проектирование модели автомобиля в программном ресурсе SolidWorks.....	21
3.1. Создание видовых эскизов автомобиля.....	21
3.2. Проектирование элементов модели кузова будущего автомобиля методом поверхностного моделирования.	24
3.3. Проектирование колеса автомобиля методом твердотельного моделирования.....	43
3.4. Создание сборки дорога–кузов–колеса.	44
Глава 4. Аэродинамические исследования модели автомобиля в программном ресурсе SolidWorks Flow Simulation.....	48
4.1. Ввод начальных данных, настройка расчётных программ и последовательность аэродинамических расчетов.	48
4.2. Анализ графических результатов исследования.....	56
4.3. Расчет коэффициента аэродинамического сопротивления C_x	58
4.4. Исследование влияния внешних элементов на аэродинамический коэффициент C_x	60
4.4.1. Влияние углублений в бампере на аэродинамический коэффициент C_x	60

4.4.2. Влияние на аэродинамический коэффициент C_x при отсутствии углублений в бампере и «х-образного» рельефа на боковой части автомобиля.....	61
4.4.3. Влияние диффузора на аэродинамический коэффициент C_x	62
4.4.4. Анализ влияния внешних элементов на аэродинамический коэффициент C_x	63
4.5. Исследование влияния подкапотного пространства на аэродинамический коэффициент C_x	64
4.6. Влияние отвода тепла с подкапотного пространства на аэродинамический коэффициент C_x	65
Глава 5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ИНЖЕНЕРА-КОНСТРУКТОРА ПРИ РАБОТЕ НА ПЭВМ.	68
5.1. Воздействия опасных и вредных факторов на пользователя ПЭВМ. ..	68
5.2. Требования к шуму окружающей среды рабочего места оператора ПЭВМ.	70
5.3. Оценка соответствия используемого рабочего места.	71
Глава 6. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ.....	80
6.1. Расчет затрат на компьютерные испытания.....	80
6.1.1. Материальные затраты	80
6.1.2. Расходы на оплату труда	83
6.1.3. Начисление амортизации	84
6.1.4. Прочие статьи расходов	85
6.1.5. Смета на создание проекта.....	87
6.2. Определение себестоимости стендовых испытаний	88
6.2.1. Материальные затраты	88

6.2.2. Расходы на оплату труда	91
6.2.3. Начисление амортизации	92
6.2.4. Прочие статьи расходов	93
6.3. Сравнительная таблица затрат на компьютерные и стендовые испытания.....	95
Заключение.	98
Список литературы	99

Введение

Концепт обновлённого автомобиля “Нива” был представлен публике на Московском международном автосалоне 2018 года, под названием LADA Vision 4x4 Concept. Он был признан лучшим экспонатом выставки. Но насколько он оказался лучше по аэродинамическим свойствам предшественника, в данной дипломной работе рассмотрен этот вопрос.

Аэродинамические свойства автомобиля включают в себя аспекты, направленные на: обеспечение минимального сопротивления воздуха, уменьшение расхода топлива, повышение максимальной скорости движения, снижение аэродинамического шума, снижение загрязнения автомобиля. Особое внимание уделяется безопасности, а именно управляемости и устойчивости автомобиля. В сумме все эти факторы приводят к повышению активной безопасности автомобиля, и его экологических и потребительских свойств.

В данной работе выбран программный ресурс SOLIDWORKS, позволяющий методами поверхностного моделирования получить перспективную модель кузова автомобиля с высокой степенью точности соответствия исходному образцу.

Для виртуальных аэродинамических испытаний полученной модели кузова автомобиля в работе применена подпрограмма Flow Simulation, входящая в программный ресурс SOLIDWORKS, позволяющая произвести отладку программы, получить удовлетворительную сходимость с результатами, полученными при физических испытаниях, и по результатам исследования, возможно, доработать модель.

Использование виртуальных испытаний существенно снижает время и затраты при производстве автомобиля, так как внести изменения в виртуальную 3-D модель можно на любом этапе проектирования, провести исследование и сравнить результаты.

Актуальность данной темы обуславливается возможностью моделирования концептуально-новых моделей автомобилей, которые только через определенное время поступят на рынок, с возможностью доработки автомобиля «под себя».

Предметом исследования в данной работе является виртуальная модель перспективного автомобиля и его аэродинамические характеристики.

Цели дипломного проекта:

1) Моделирование кузова концептуальной модели легкового автомобиля «Нива» инструментами 3-D моделирования в программном ресурсе SolidWorks.

2) Исследование аэродинамических свойств модели кузова автомобиля в подпрограмме SolidWorks Flow Simulation.

Глава 1. Автомобиль в воздушной среде.

1.1. Взаимодействие автомобиля с воздушным потоком.

При движении, автомобиль участвует в многочисленных процессах с окружающим воздухом, связанных с инерцией самого воздуха. Всего можно выделить три группы процессов:

- Процессы, вызванные обтеканием внешних элементов и поверхностей автомобиля;
- Процессы, связанные с потоками внутри кузова автомобиля;
- Процессы, связанные с потоками внутри агрегатов.

Первые две группы взаимосвязаны и должны рассматриваться совместно. Поле скоростей потока в подкапотном пространстве зависит от поля обтекания кузова автомобиля. В автомобильной промышленности обе группы являются объектами изучения. Потоки внутри агрегатов зависят от механики и режима работы агрегата, поэтому они не относятся к аэродинамике автомобиля

Поток, препятствующий движению автомобиля, делится на несколько потоков. Один из них идет под днищем автомобиля, другой над крышей, остальные обтекают его с боков (рисунок 1.1). Стоит отметить, что расстояние, пройденное потоком над автомобилем больше расстояния пройденное под днищем автомобиля, в следствие появляется разряжение над крышей и подъемная сила. Кроме аэродинамического сопротивления воздуха на автомобиль действуют ещё три силы: сопротивление качению, сопротивление подъему и инерционная сила. При скорости свыше от 70км/ч сила сопротивления воздуху превышает все прочие силы, вместе взятые.



Рисунок 1.1 – Потoki

Главными целями исследований аэродинамики автомобиля является снижение аэродинамического сопротивления воздуха и уменьшение силы, стремящейся оторвать колеса от дороги. Достижение этих целей приводит к увеличению максимальной скорости, снижению расхода топлива, повышению устойчивости, управляемости, безопасности.

1.2. Методы аэродинамических исследований автомобиля.

Сущность аэродинамики автомобиля заключается в нахождении оптимальных форм элементов кузова, которые могут быть получены в результате компьютерных исследований или испытаний в аэродинамической трубе.

Аэродинамическая труба – это уникальное техническое сооружение, предназначенное для моделирования воздействия среды на движущиеся тела. В настоящее время мировые концерны имеют собственные аэродинамические комплексы, применяемые не только для определения аэродинамических характеристик, но и имитации погодных и температурных условий. Данные сооружения заняли важную роль в автомобильных фирмах и научно-технических центрах, занимающихся как проектирование новых кузовов и элементов автомобилей, но также и доводкой существующих.

Классификация аэродинамических труб.

- 1) По принципу действия:
 - а) Компрессорные, непрерывного действия;
 - б) Баллонные.

- 2) По скорости потока:
 - а) Дозвуковые;
 - б) Трансзвуковые;
 - в) Сверхзвуковые.
- 3) По компоновке контура (рисунок 1.2):
 - а) Замкнутые;
 - б) Не замкнутые.

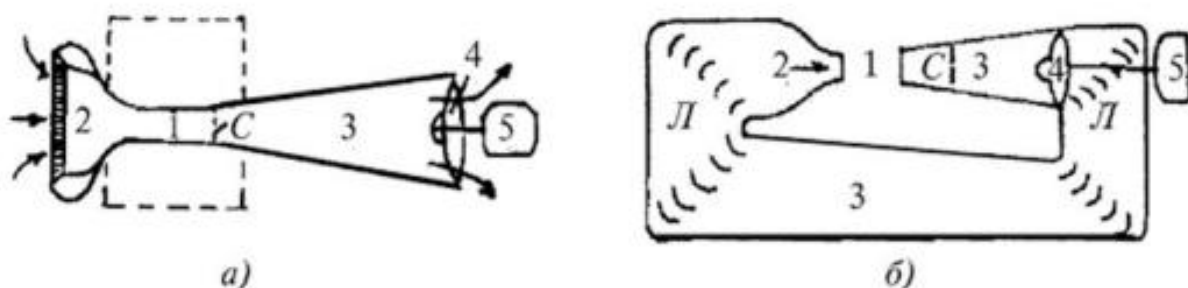


Рисунок 1.2 – Компоновка контура;

- 1 – рабочая часть трубы; 2 – коллектор (а) или сопло (б); 3 – диффузор;
 4 – вентилятор; 5- электродвигатель; С – предохранительная сетка;
 Л – поворотные лопатки.

Аэродинамическая труба на АвтоВАЗе

Характеристика параметров:

- Размеры аэродинамической трубы: ширина – 29 м., длина – 67,5 м.
- Размеры рабочей части: ширина – 6,2 м., длина – 17,5 м.
- Характеристика главного вентилятора: диаметр – 7,4 м., потребляемая мощность – 2300 кВт., максимальная скорость потока – 60 м/с. (216 км/ч.), рабочий температурный диапазон 20...25 °С

Объектом испытания в аэродинамической трубе является автомобиль либо его физическая модель в масштабе 1:5 (рисунок 1.3).

Для компьютерных исследований необходим либо чертеж, либо фотографии, либо 3-D скан автомобиля и наличие лицензионного программного обеспечения, с помощью которого проводится виртуальное исследование (рисунок 1.4).



Рисунок 1.3 – Автомобиль в аэродинамической трубе

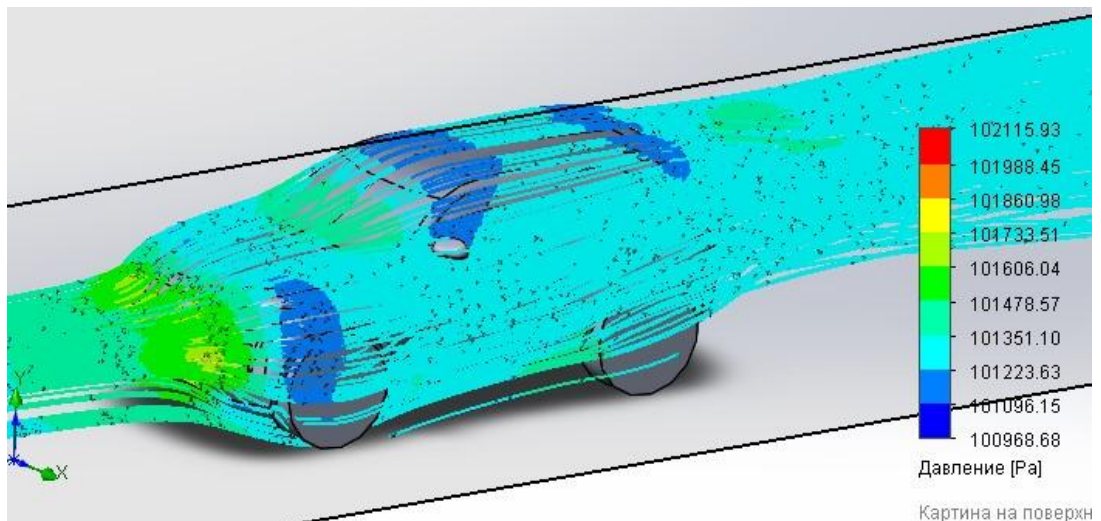


Рисунок 1.4 – Визуализация потоков.

Глава 2. Проектирование модели автомобиля.

2.1. Общая схема проектирования.

Проектирование автомобиля представляет собой комплекс мероприятий, направленных на научно-исследовательскую и конструкторско-экспериментальную деятельность, целью которых являются создание нового автомобиля, либо модернизация выпускаемого.

При проектировании любого объекта решающим фактором успеха является оптимальная организация работы над проектом. Проектирование

реализуется в соответствии с выбранной логической схемой, которая состоит из последовательности выполнения отдельных этапов.

У каждого этапа есть входные данные, после проведения комплекса работ выдаются выходные данные, которые являются входными данными для следующего этапа

К разработке автомобиля привлекаются специалисты разного профиля. Каждый, из них должен знать, на каком этапе цикла решается та или иная проблема.

Проектная процедура представляет собой совокупность операций, основанная на методах математического и физического моделирования, оптимизации, прогнозирования, теории принятия решения, результатом которой является проектное решение.

Проектное решение представляет собой, либо промежуточное, либо конечное описание объекта, которое является основанием для определения дальнейшего направления проектирования.

Этапы проектирования автомобиля:

- предпроектный этап;
- разработка технических требований;
- эскизный проект;
- разработка технического задания;
- разработка технического проекта;
- проверка и доводка конструкции;
- утверждение проекта.

2.2. Аэродинамическое проектирование автомобиля.

Аэродинамическое проектирование является одной из составных частей проектирования автомобиля, также оно может присутствовать на различных этапах общей схемы проектирования, в объеме определенных процедур (рисунок 2.1.).

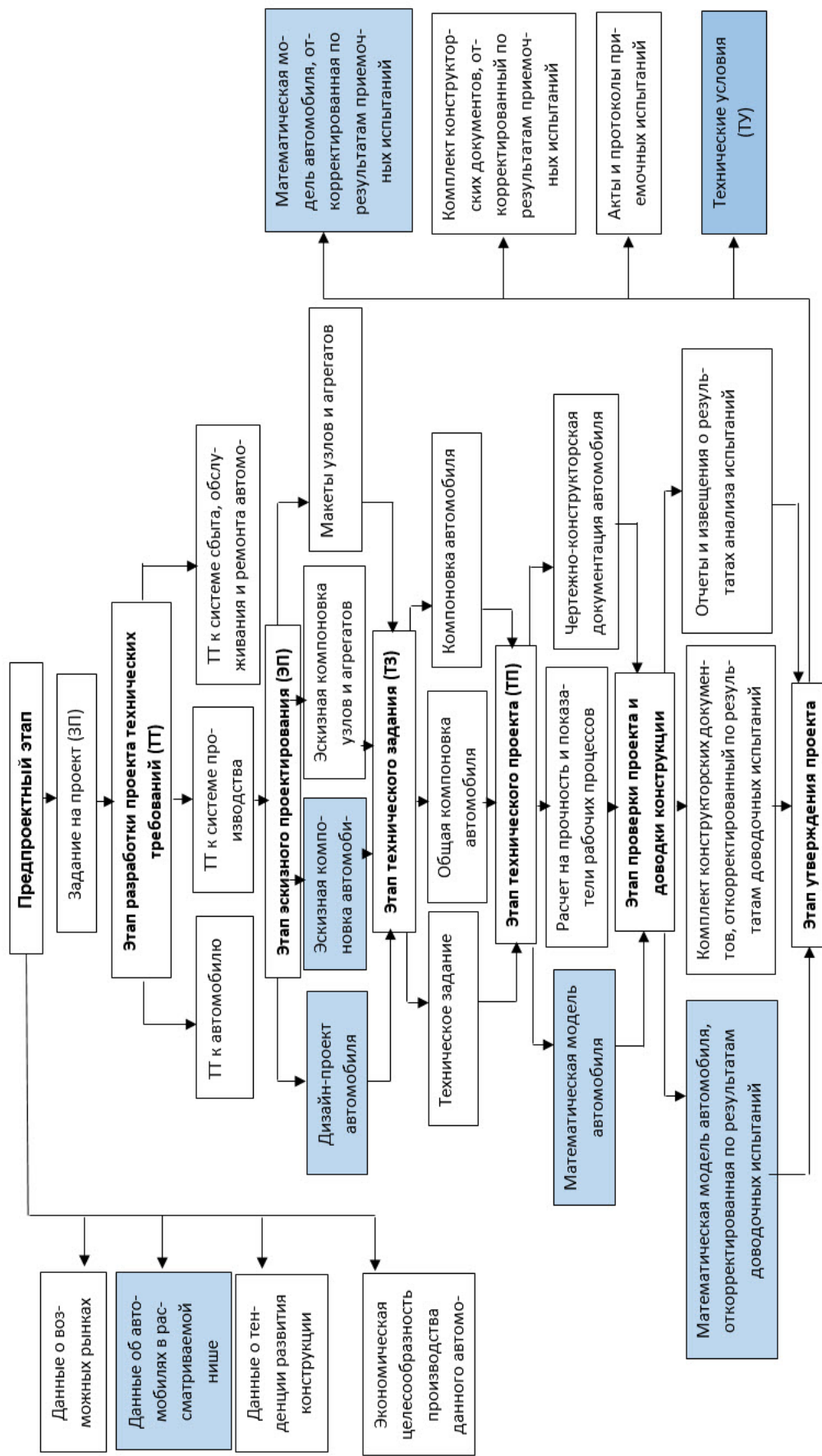


Рисунок 2.1. – Общая схема проектирования автомобиля.

На предпроектном этапе предпочтительны компьютерные методы создания модели автомобиля и его аэродинамические исследования, также может входить проведение аэродинамических исследований автомобилей-аналогов, так как объект проектирования по своим показателям должен превосходить конкурентов.

Создание эскизной компоновки автомобиля для выбора оптимального варианта конструктивной схемы, обеспечивающие при заданных габаритах для данного класса наибольшие размеры пассажирского и багажного отсеков, начинается на этапе эскизного проекта на основе положений, разработанных в технических требованиях.

При создании автомобиля необходимо выбрать компоновочную схему автомобиля так, чтобы все параметры были согласованы. Разновидности компоновочных схем представлены на рисунке 2.2 – классическая (а), переднеприводная (б), заднемоторная (в), полноприводная (г), среднемоторная (д) [1].

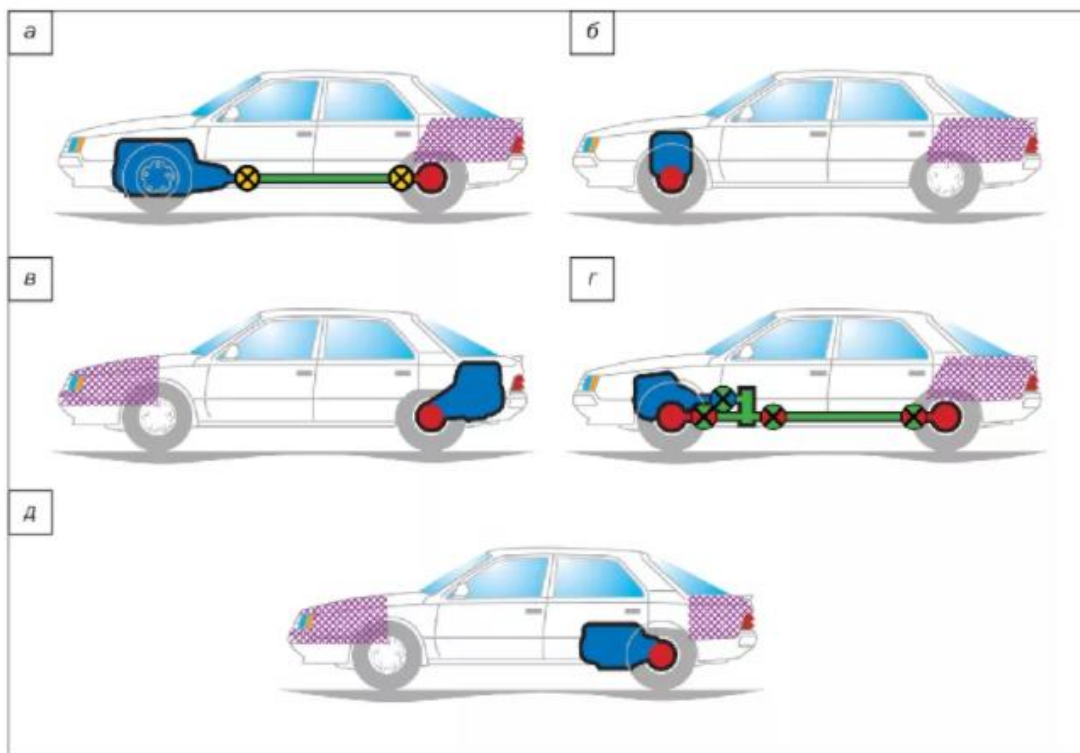


Рисунок 2.2 – Компоновочные схемы.

В настоящее время активно используется САПР (системы автоматизированного проектирования) на всех стадиях создания автомобиля, так как объемная графика (3D-моделирование) имеет ряд преимуществ над плоским проектированием (2D):

- восприятие информации из трехмерного пространства более точно;
- возможность проектирования элементов различной сложности (кузов, салон и т.д.);
- возможность задания кинематики трехмерному виртуальному подвижному механизму, позволяет определить совместимость его с другими частями;
- возможность проводить комплексный прочностной анализ механизма в сборе методом конечных элементов.

С развитием САПР, никто не отменял чертежи на бумаге, которые являются документальными подтверждениями изделия. Стоит отметить, что в настоящее время все программы 3D моделирования позволяют создать чертежи, удовлетворяющие требованиям ЕСКД.

Выполняемая эскизная компоновка автомобиля на этапе эскизного проекта должна содержать схему вместимости и схему шасси для выбранной компоновки автомобиля (рисунок 2.3).

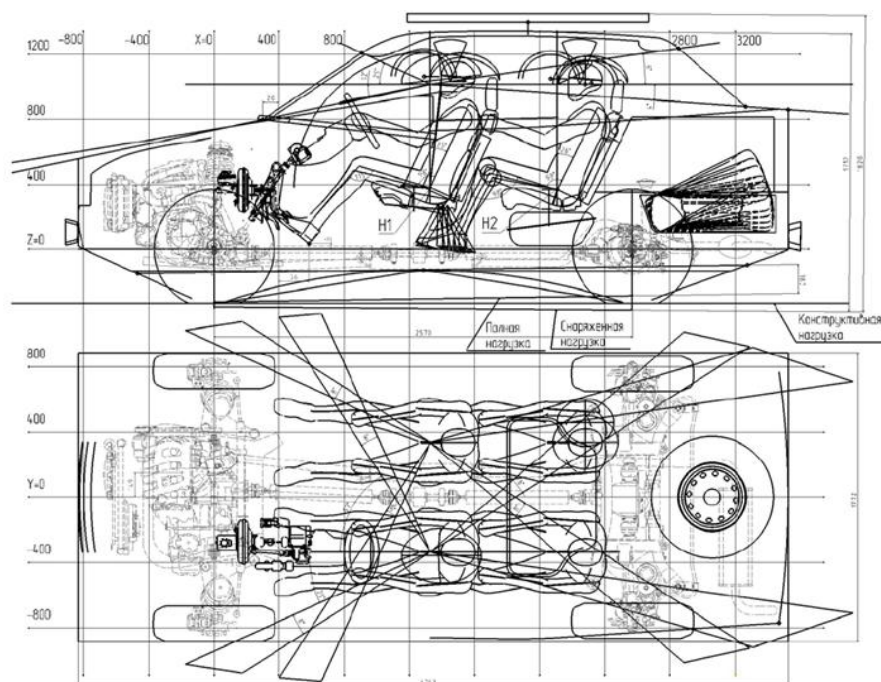


Рисунок 2.3 – Схема вместимости и шасси.

Схема вместимости определяет:

- основные геометрические параметры автомобиля;
- габариты моторного и багажного отделений;
- размещение в салоне людей различной репрезентативности;
- размещение топливного бака и запасного колеса;
- расположение органов управления;
- требования по досягаемости и обзорности.

Схема шасси отражает:

- расположение двигателя и агрегатов трансмиссии;
- привод ведущих колес;
- информацию по передние и задние подвески
- информацию по рулевому механизму и приводу.

Размеры на эскизной компоновке определяются относительно трехмерной системы координат при конструктивной нагрузке, за исключением размеров которые определяются при оговоренной нагрузке автомобиля (снаряженная, полная нагрузка т.д.).

Трехмерная система включает три базовые плоскости:

- вертикальная поперечная плоскость X , проходящая через ось передних колес;
- вертикальная продольная плоскость Y , проходящая через ось симметрии автомобиля;
- горизонтальная плоскость Z , проходящая через ось передних колес параллельно элементам кузова или рамы.

Эскизную компоновку автомобиля с размещения в салоне манекенов людей, которые делятся на три стандартные группы роста.

Параметры исходного шаблона фигуры человека и объемная модель, используется при проектировании в трехмерных программах, представлены на рисунке 2.4 а и б [2].

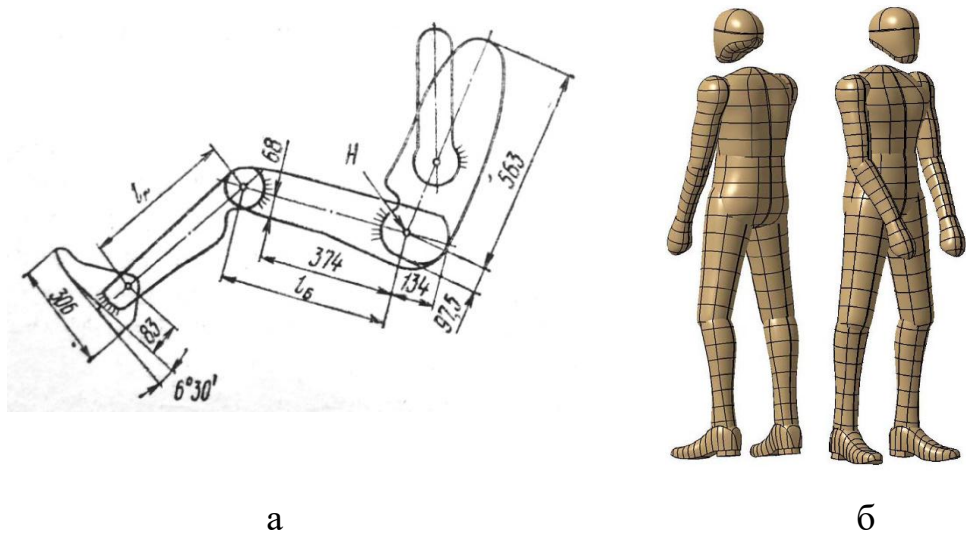


Рисунок 2.4 – Шаблон фигуры человека и объемная модель.

После размещения манекенов в салоне будущего автомобиля наносится ограничительный контур автомобиля, задаются границы моторного и багажного отделений. Схема шасси и вместимости может быть выполнена в виде трехмерной модели (рисунок 2.5).

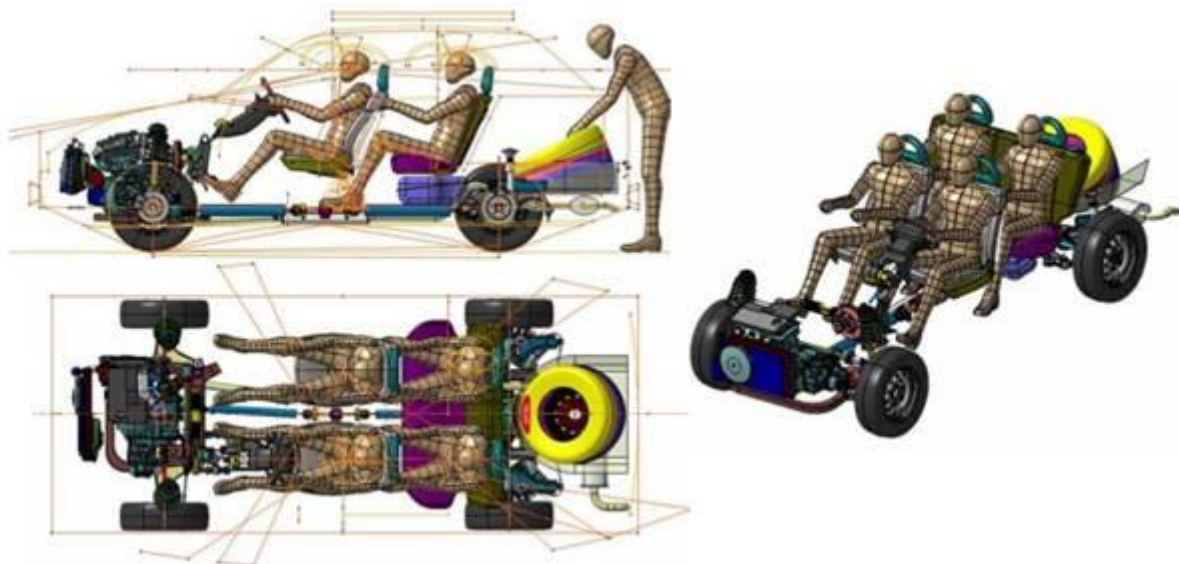


Рисунок 2.5 – Трехмерная схема шасси и вместимости.

После утверждения эскизной компоновки начинается проработка дизайна будущего автомобиля. На компоновке рассматривают различные варианты решения дизайна экстерьера и интерьера (рисунок 2.6) [3].

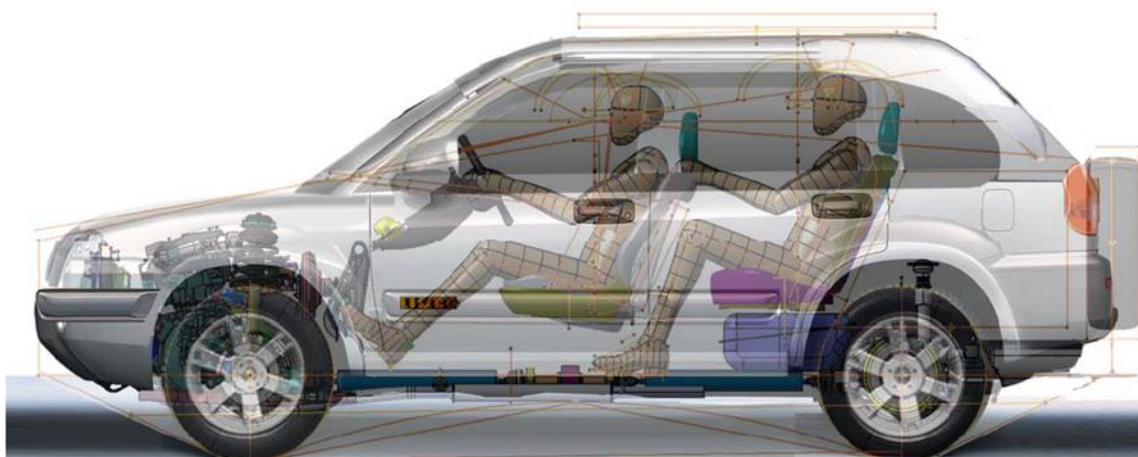


Рисунок 2.6 – Дизайн проекта.

После утверждения варианта дизайна начинаются работы по созданию трехмерной модели кузова будущего автомобиля. На данном этапе большой вклад вносят ресурсы компьютерных программ.

Утвержденная концепция будущего автомобиля является отправной точкой для разработки макета внешних форм, изготавливаемого из пластилина или другого материала на станке ЧПУ.

Основная задача аэродинамического моделирования является поэлементная оптимизация формы кузова без потери концепции дизайна автомобиля.

На последующих этапах в указанных процедурах производится корректировка математической модели автомобиля. Однако на этапе утверждения проекта в процедуре «Технические условия» необходимы окончательные аэродинамические характеристики, получаемые в аэродинамической трубе на образцах из пилотной партии.

Глава 3. Проектирование модели автомобиля в программном ресурсе SolidWorks.

3.1. Создание видовых эскизов автомобиля.

Создание трехмерного объекта начинается с выбора эскиза будущей модели в 4 видах (спереди, справа, сзади, сверху) с хорошей четкостью линий, так как это отразится на качестве и удобстве работы. В основном виды модели располагаются на одном листе, нам необходимо их разделить. Если модель симметричная, то необходимо провести ось симметрии на видах: спереди, сзади и сверху (рисунок 3.1).

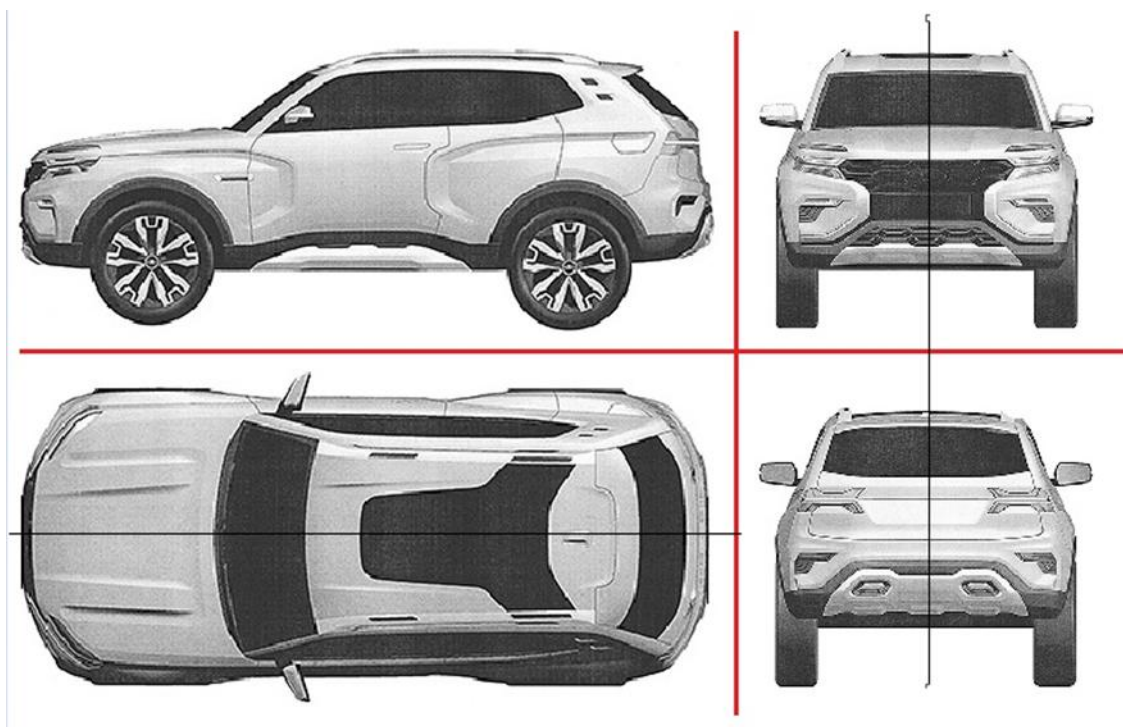


Рисунок 3.1 – Виды будущей модели.

Установка эскиза на плоскость происходит по следующему алгоритму:

I. Запустить SolidWorks. Выбрать «Файл», «Создать», после чего выбрать «Создать деталь».

II. В «Дереве построений» выбрать плоскость, затем нажать правую клавишу мышки и выбрать «Создать эскиз». Автоматически экран ставится параллельно выбранной плоскости, если этого не произошло, то выбрать «Перпендикулярность» (рисунок 3.2).

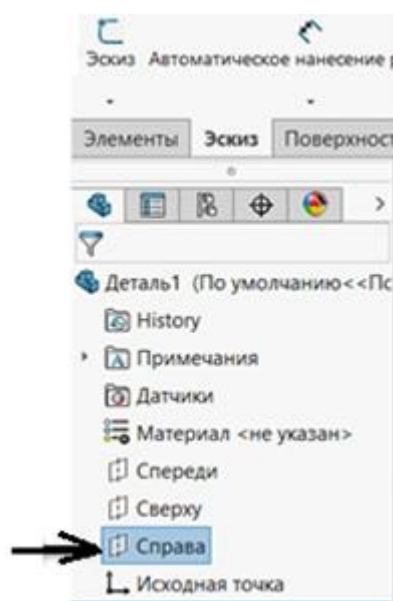


Рисунок 3.2 – Дерево построений.

III. Далее необходимо открыть вкладку «Инструменты – Инструменты эскиза – Картина эскиза». В появившемся окне указываем путь к нужному виду (рисунок 3.3).

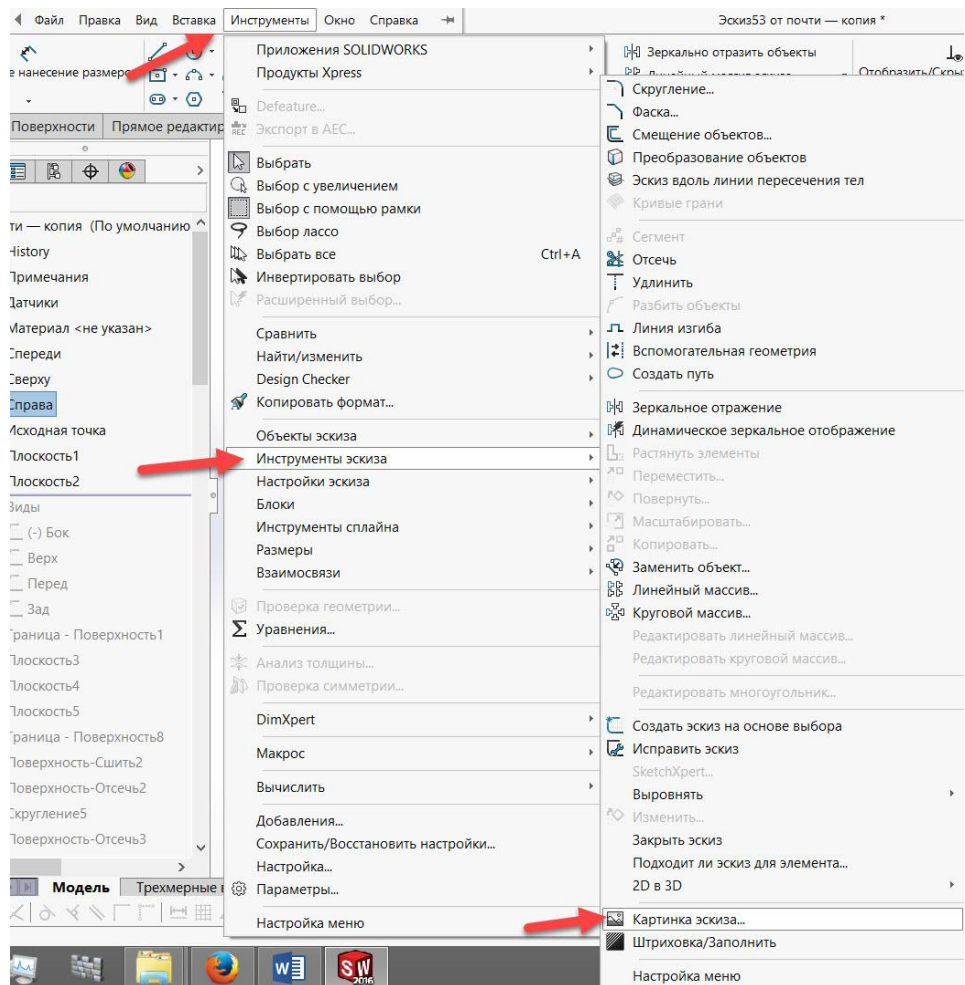


Рисунок 3.3 – Путь к «Картинке эскиза».

IV. Располагаем картину эскиза, так чтобы модель автомобиля была в масштабе 1:1. В пункте «Прозрачность» настроек выбираем «Полное изображение» и после этого задаем прозрачность 0,6 (рисунок 3.4).

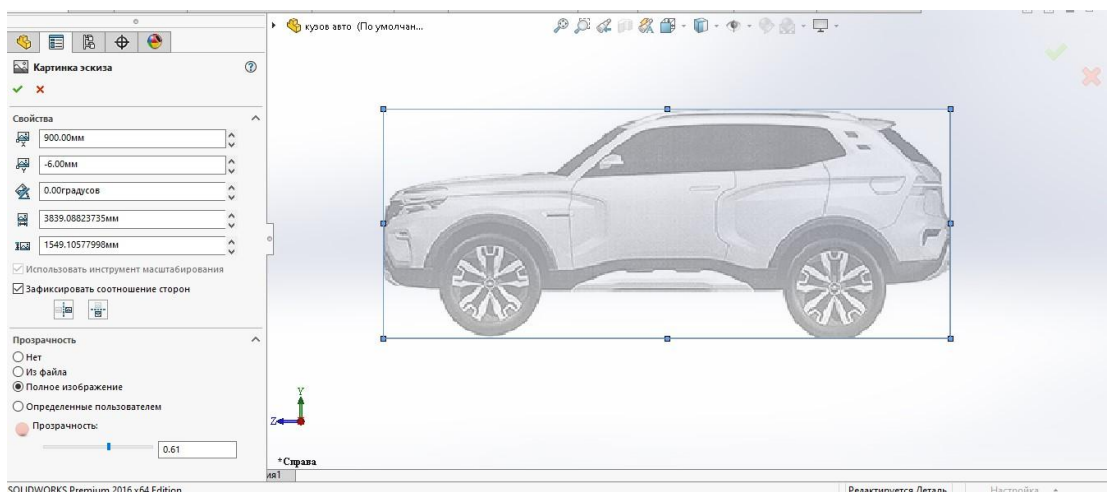


Рисунок 3.4 – Размер и прозрачность вида.

Остальные виды устанавливаем согласно данному алгоритму так, как показано на рисунке 3.5. Данная расстановка имеет расстояние между

передней частью модели и плоскостью вида «Спереди», которое позволяет просматривать созданные элементы более удобно, в отличие от нахождения плоскости на модели. Соответственно для плоскости «Сзади».

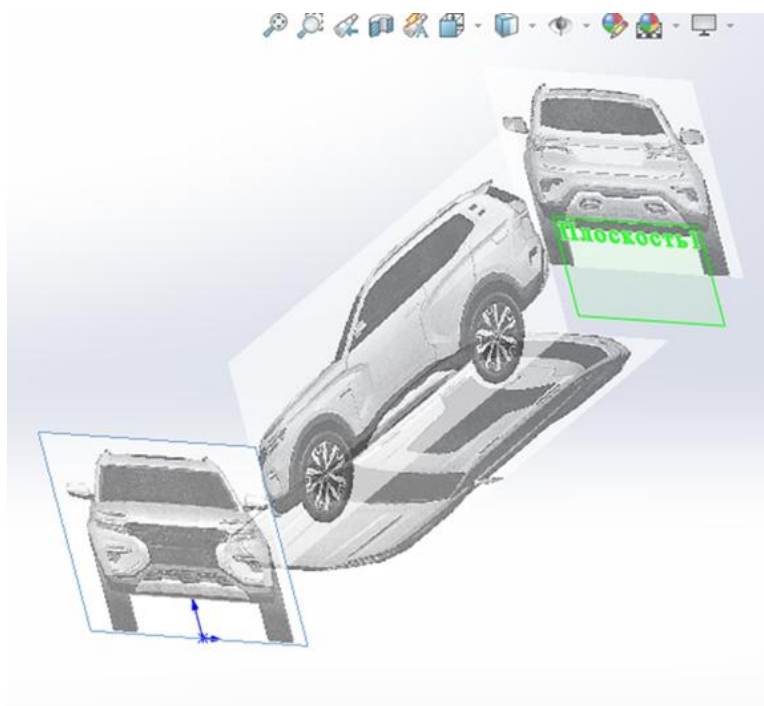


Рисунок 3.5 – Видовая компоновка.

3.2. Проектирование элементов модели кузова будущего автомобиля методом поверхностного моделирования.

Поверхность – это совокупность всех последовательских положений некоторого эскиза, перемещающегося в пространстве по определённому закону. Этот определенный закон называется образующим. Линия, вдоль которой перемещается закон, называется направляющей. Данный способ называется метод поверхностного моделирования. Поверхность представляет собой оболочку с нулевой толщиной. Главным преимуществом данного способа является его совместимость с элементами, полученными методом твердотельного моделирования. [4]

Необходимо определиться, после создания видовой компоновки, с какой поверхности начать создание первой поверхности. В основном это простые поверхности. Предлагаю начать с боковой части автомобиля на примере Lada Vision 4x4 Concept.

Одним из основных элементов трехмерного моделирования является 3D-эскиз и 3D-сплайн, и в данной дипломной работе в основном они и будут использоваться (рисунок 3.6.).

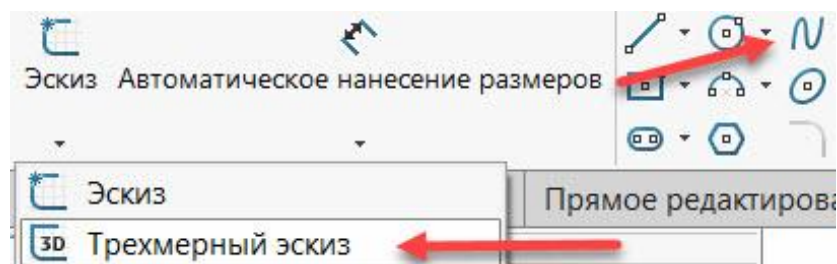


Рисунок 3.6 – Порядок выбора 3D-сплайна.

I. При помощи команды сплайн, начинаем создавать 3D-эскиз. Для задания кривизны сплайна, у каждой точки есть управляющие векторы (рисунок 3.7), таким образом, задаем верхний контур боковины на виде «Справа» (рисунок 3.8).

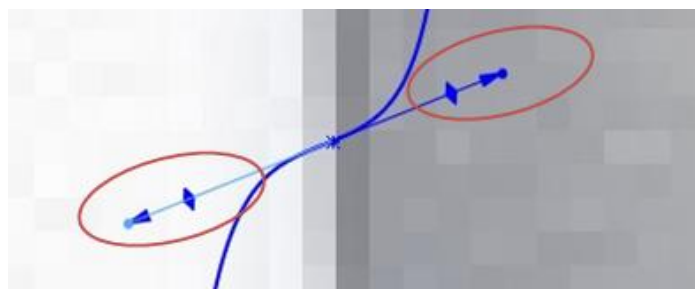


Рисунок 3.7 – Управляющие вектора.

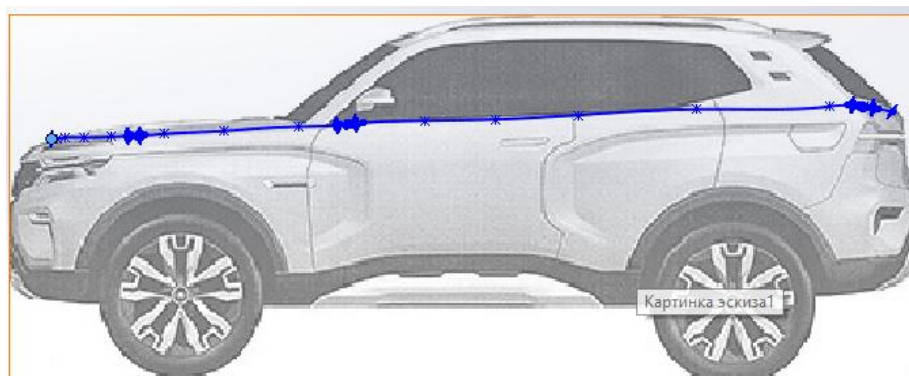


Рисунок 3.8 – Верхний контур.

II. Переходим на вид «Сверху», при помощи нажатия правой кнопки на плоскость сверху и выбора «Перпендикулярно». Наш сплайн отображается как прямая линия, расположенная по осевой автомобиля, так как мы задали

только две координаты. Для того чтобы изменить третью координату, выбираем «Эскиз – Переместить объекты» и с помощью управляющих стрелок передвигаем до тех пока линия не станет касательной к верхней боковине (рисунок 3.9).

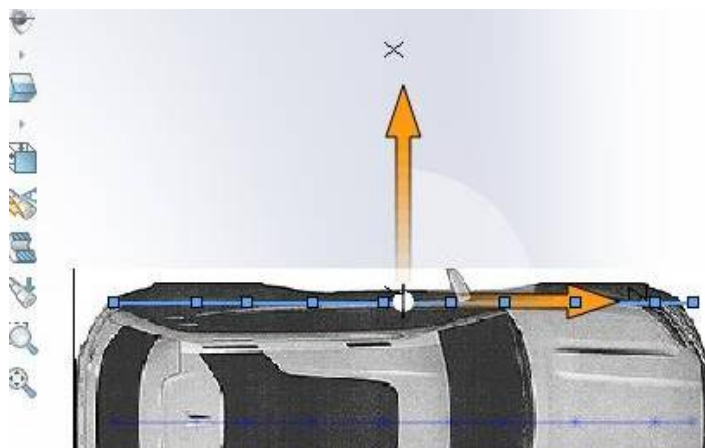


Рисунок 3.9 – Перемещение сплайна.

III. При помощи этой же команды перемещаем точки сплайна (рисунок 3.10).

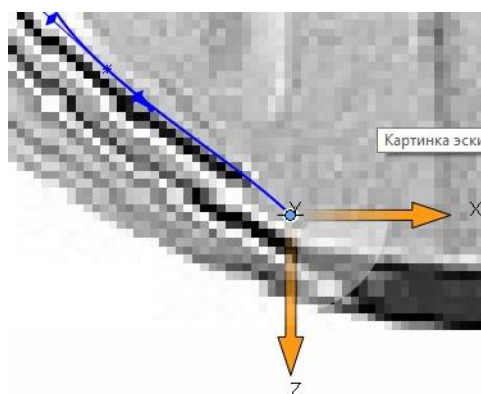


Рисунок 3.10 – Перемещение точки.

IV. Задаем кривизну сплайна по контуру кузова автомобиля (рисунок 3.11).

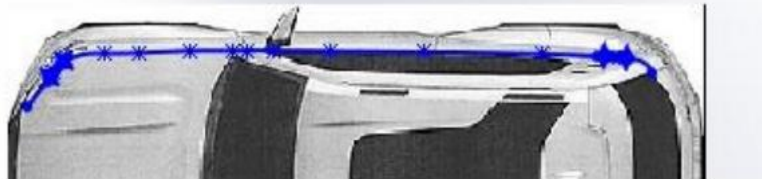


Рисунок 3.11 – Задание кривизны верхнего контура боковины.

V. Переходим на вид «Спереди», где при необходимости корректируем форму сплайна до необходимой формы (рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 – Проверка кривизны сплайна.

VI. Создать еще один сплайн горизонтальный и три вертикальных, повторяя пункты 3.2 I – V, по которым в дальнейшем мы построим поверхность (рисунок 3.13).

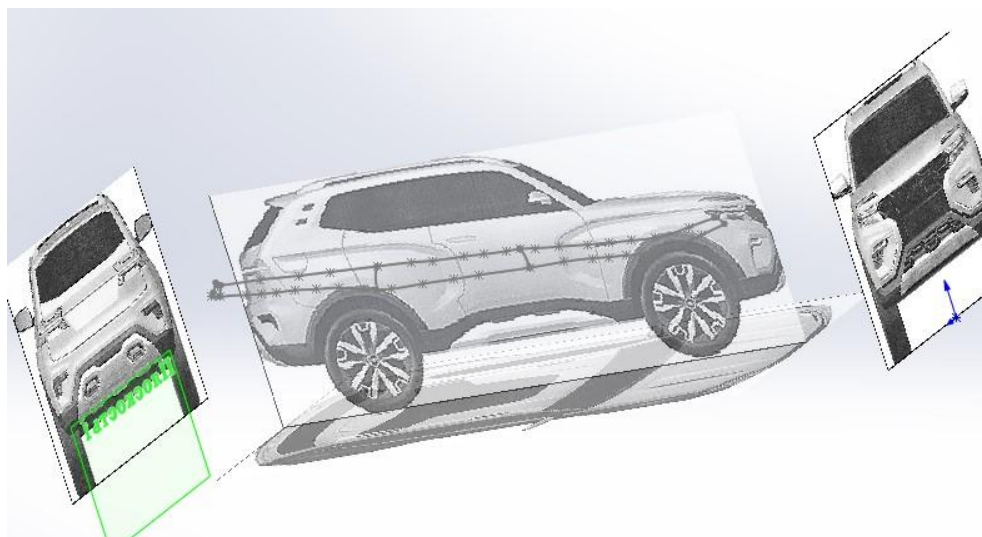


Рисунок 3.13 – Конечные сплайны.

Для создания первой поверхности необходимо активировать вкладку «Поверхности», в которой находятся все инструменты для работы с поверхностями. Для активации необходимо нажать правой кнопкой мыши на вкладку «Эскиз», в появившемся окне ставим отметку напротив «Поверхности» (рисунок 3.14).

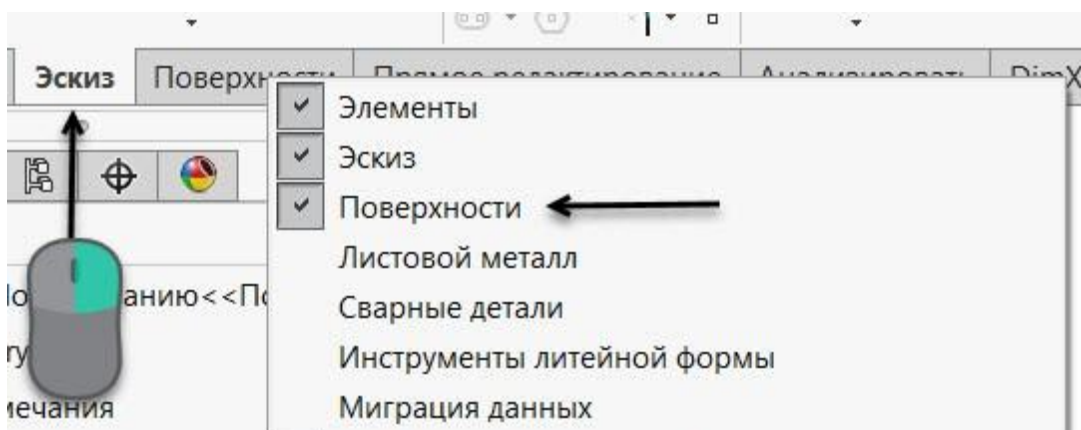


Рисунок 3.14 – Меню выбора вкладок.

С помощью команды «Поверхность – границы» в направлении 1 выбираем сплайны в продольном направлении (вдоль кузова), в направлении 2 выбираем сплайны в поперечном направлении (вертикально кузову). Просматриваем параметры и предварительный просмотр, если все в порядке, то соглашаемся (рисунок 3.15).

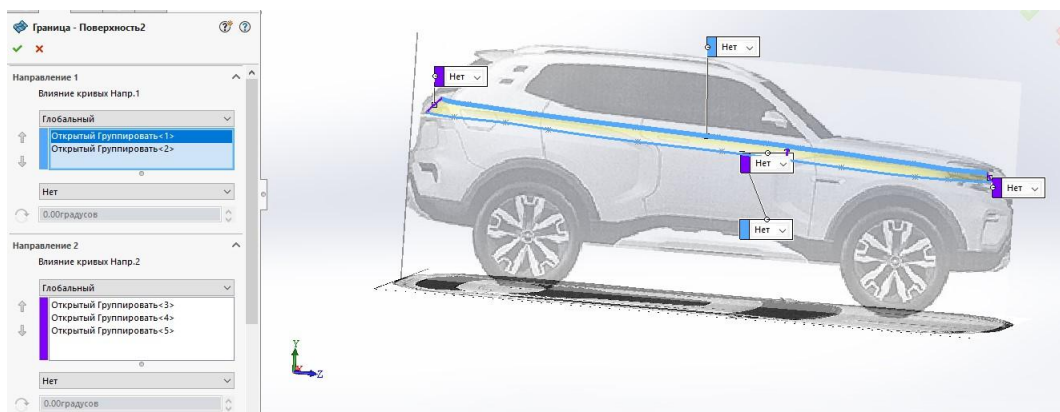


Рисунок 3.15 – Меню настройки «Граница – поверхность».

При необходимости использования эскиза повторно, его нужно отобразить, при помощи команды «Отобразить/Скрыть» в дереве построений (рисунок 3. 16).

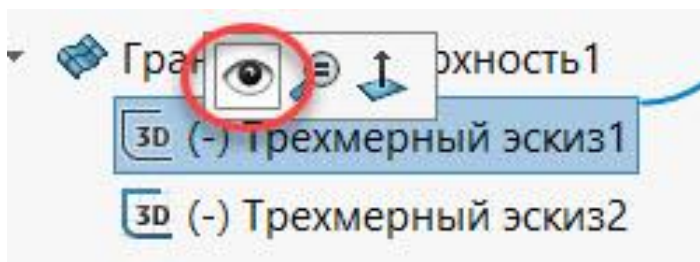


Рисунок 3.16 – Отображение эскиза.

Создание двери начинается с создания поверхности большего размера при помощи замкнутого эскиза и команды «Поверхность – заполнить» (рисунок 3. 17).

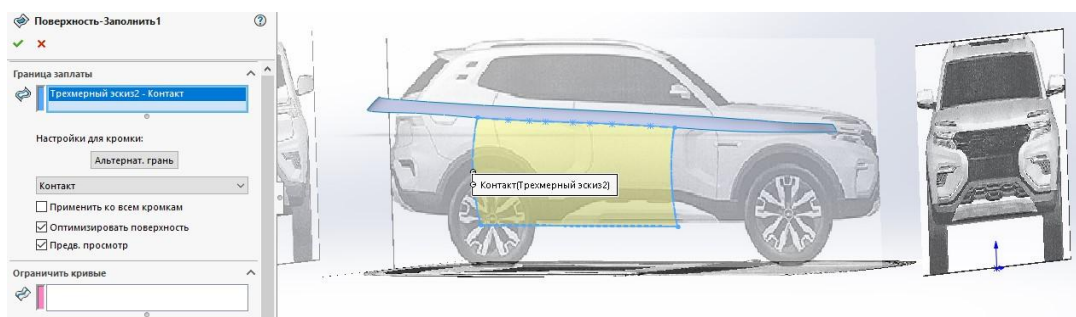


Рисунок 3.17 – Поверхность двери.

После создания поверхности, необходимо вырезать дверь по форме для этого создаем эскиз на созданной ранее поверхности с помощью «Эскиз – Трехмерный эскиз – Сплайн – Сплайн на поверхности» (рисунок 3.18)

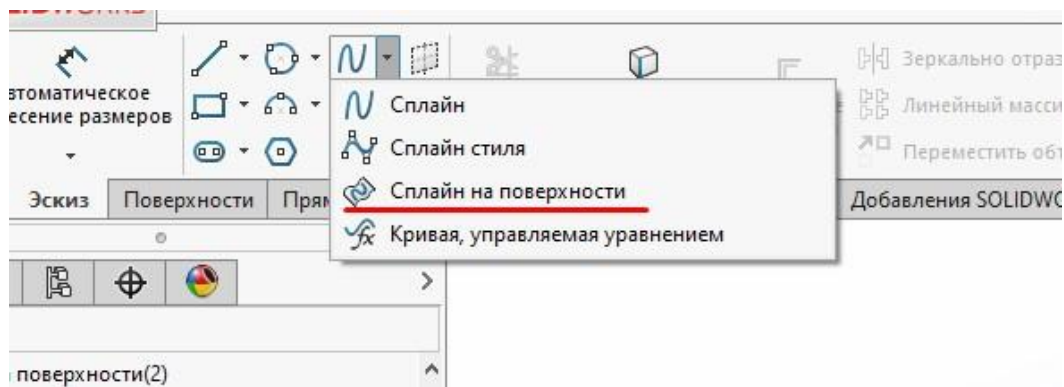


Рисунок 3.18 – Сплайн на поверхности.

С помощью команды «Поверхность – Отсечь» выбираем какую часть поверхности необходимо удалить либо сохранить, за ранее выбрав инструмент отсечения, созданный ранее эскиз (рисунок 3.19).

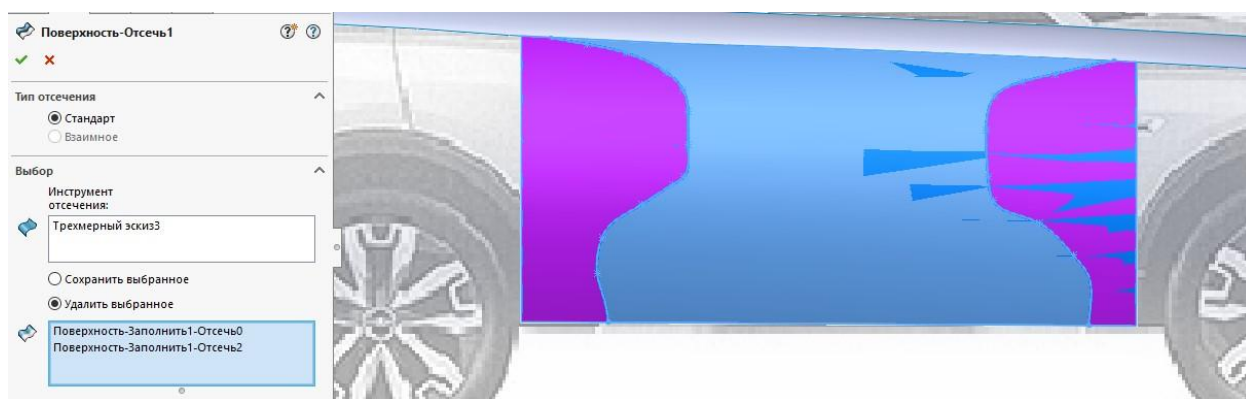


Рисунок 3.19 – Настройка меню «Поверхность – Отсечь».

Используя ранее представленные команды, создаем верхнюю часть заднего крыла (рисунок 3.20), арку под колесо (рисунок 3.21) и нижнюю часть крыла (рисунок 3.22). Арку под колесо задаем плоскостью, в дальнейшем мы ее прорежем.

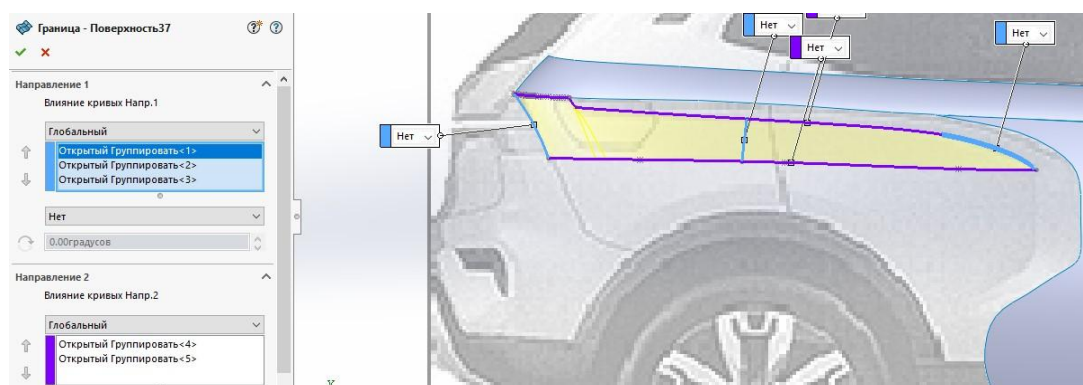


Рисунок 3.20 – Верхняя часть заднего крыла.

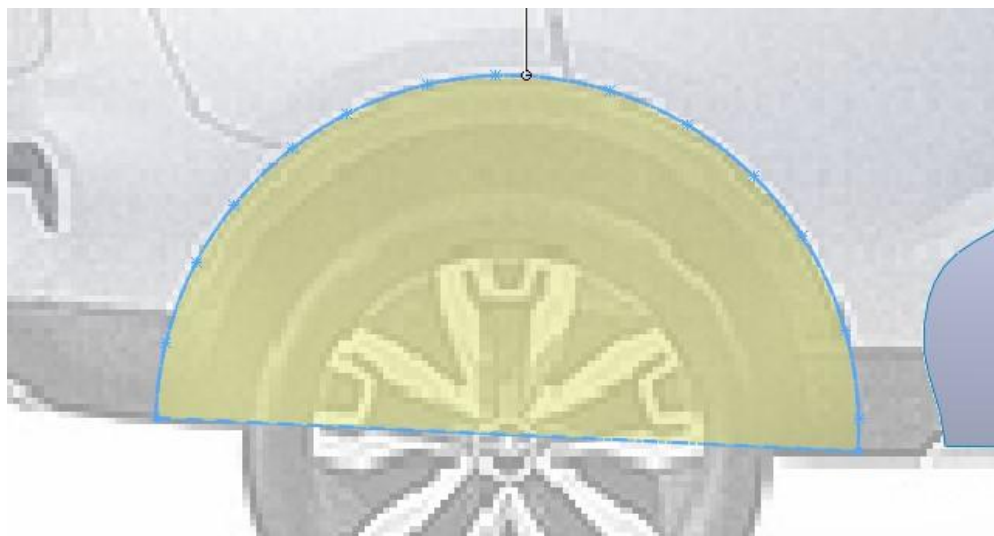


Рисунок 3.21 – Арка под колесо.

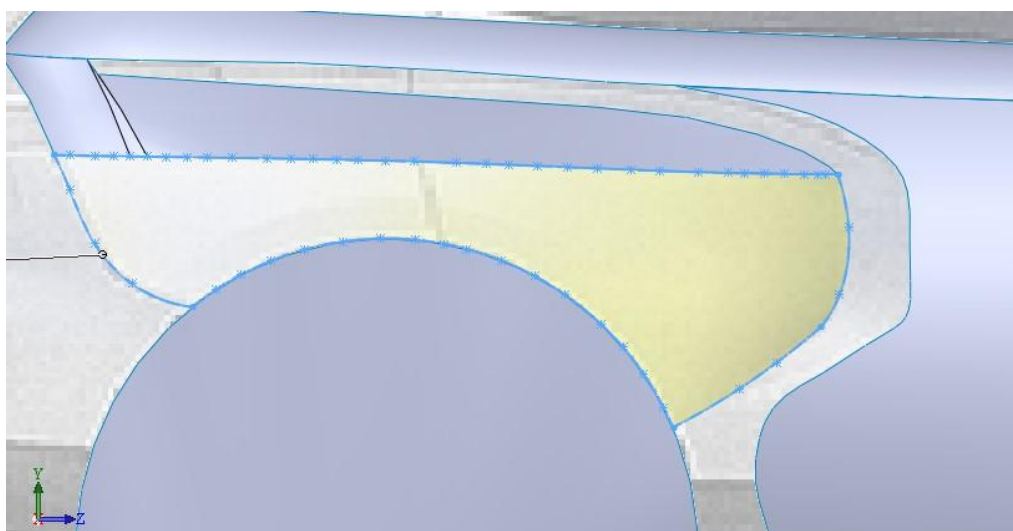


Рисунок 3.22 – Нижняя часть заднего крыла.

У данного автомобиля прослеживается «х – образный» стиль, поэтому на боковой части наблюдаются «х – образные» переходы от крыльев к дверному проему. Данный переход мы разделим на три части для нашего удобства понимания программой (рисунок 3.23 – 3.25).

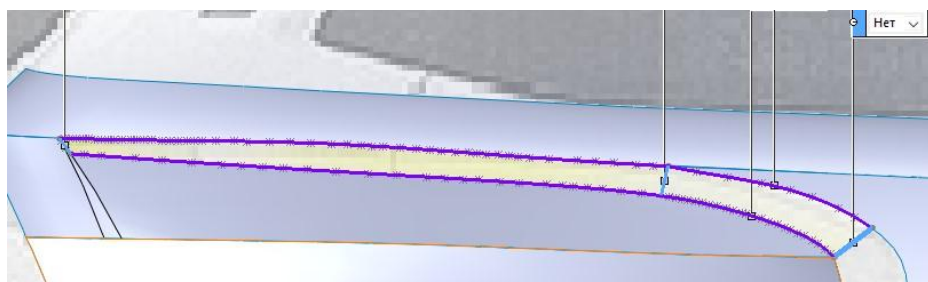


Рисунок 3.23 – Верхняя часть «х – образного» перехода.



Рисунок 3.24 – Нижняя часть «х – образного» перехода.

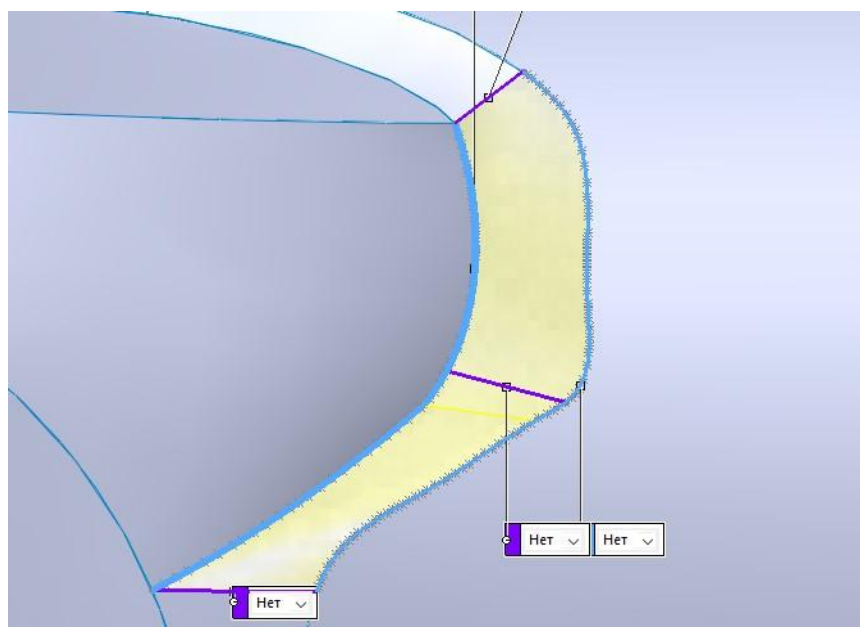


Рисунок 3.25 – Нижняя часть «х – образного» перехода.

Аналогично создаем переднее крыло и «х – образный» переход, тем самым, завершая процесс создания боковой части модели будущего автомобиля (рисунок 3.26).

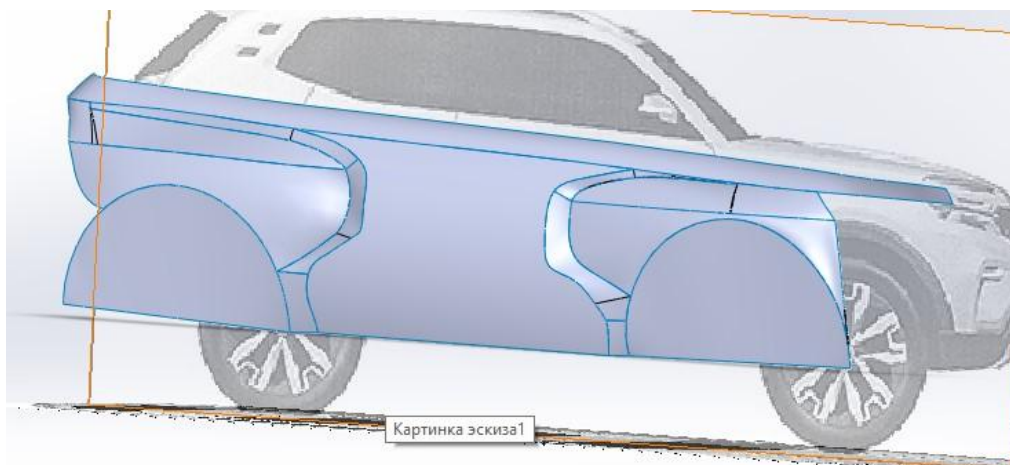


Рисунок 3.26 – Боковая часть автомобиля.

После того как боковая часть автомобиля создана, можем приступить к созданию передней части автомобиля.

Далее создаем переднюю часть автомобиля, состоящую из фары, бампера, решетки. При создании бампера, необходимо задать основу, после чего необходимо отсечь лишнее (рисунок 3.27).

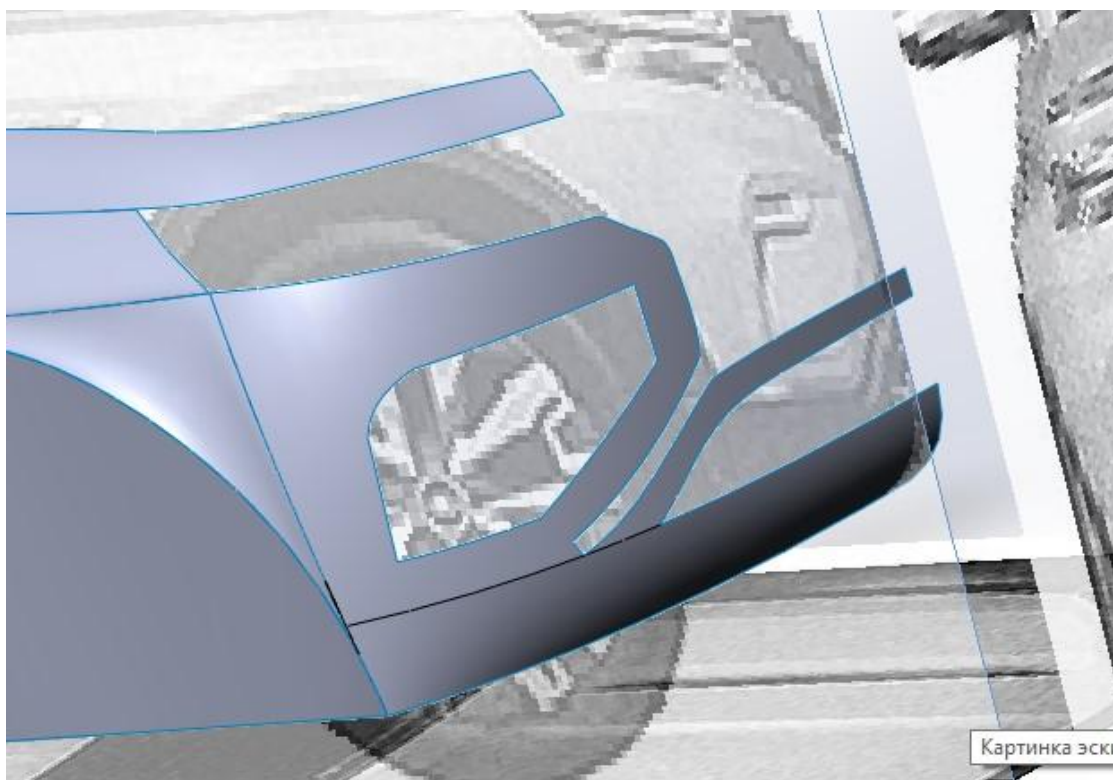


Рисунок 3.27 – Основа переднего бампера

Решетка автомобиля в основном немного углублена, чтобы создать данный эффект необходимо создать эскиз который будет на месте решетки (рисунок 3.28).

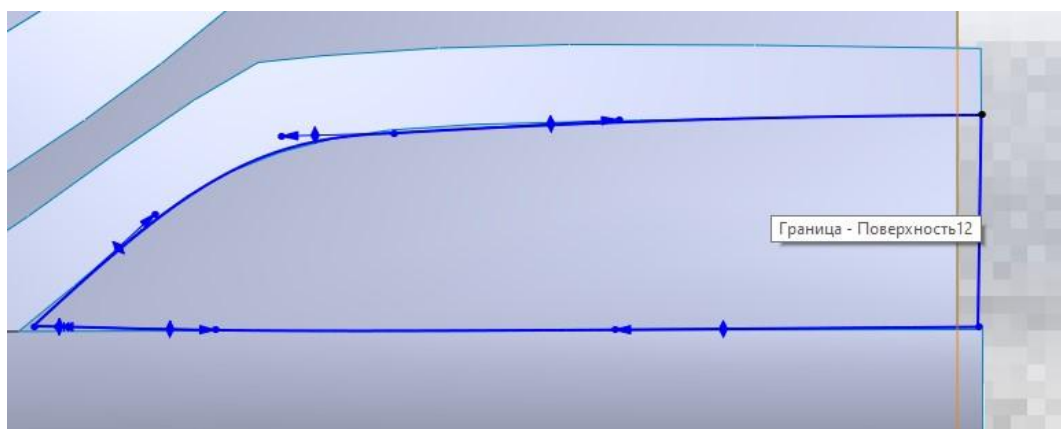


Рисунок 3.28 – Эскиз решетки

У каждой точки необходимо удалить взаимосвязь «Совпадение». Для этого переходим «Эскиз – Отобразить взаимосвязь», в появившемся меню нажимаем правой кнопкой мыши на «Совпадение» и выбираем удалить (рисунок 3.29).

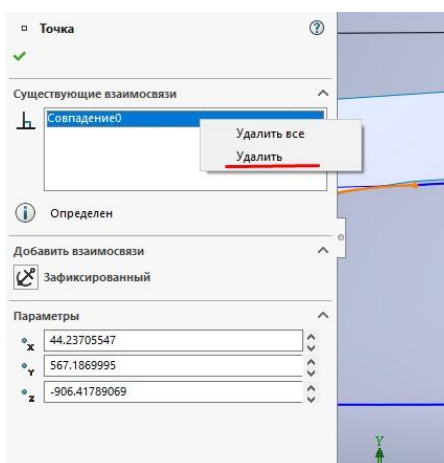


Рисунок 3.29 – Взаимосвязи.

После того, как ни одна из точек эскиза не имеет совпадений с созданной ранее поверхностью, перемещаем эскиз на нужную глубину (рисунок 3.30).

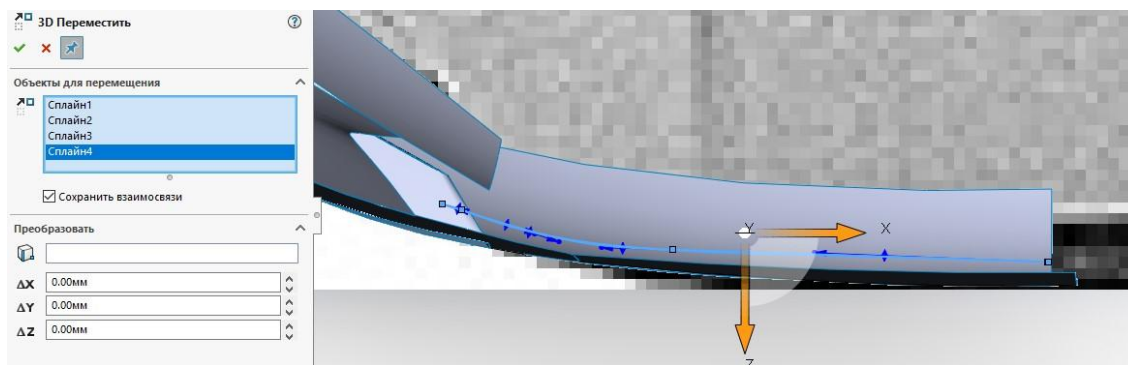


Рисунок 3.30 – Углубление решетки.

По данному эскизу создаем плоскость, которая полностью повторяет форму бампера. При помощи вышеупомянутых команд, завершаем создание передней части автомобиля (рисунок 3.31).

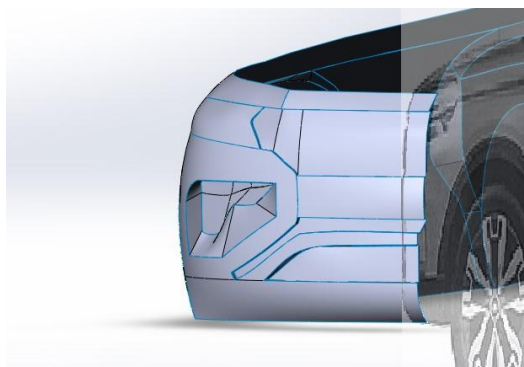


Рисунок 3.31 – Передняя часть автомобиля.

Аналогично заднюю часть автомобиля, состоящую из крышки багажника, бампера, заднего фонаря, места под государственный номер (рисунок 3.32).

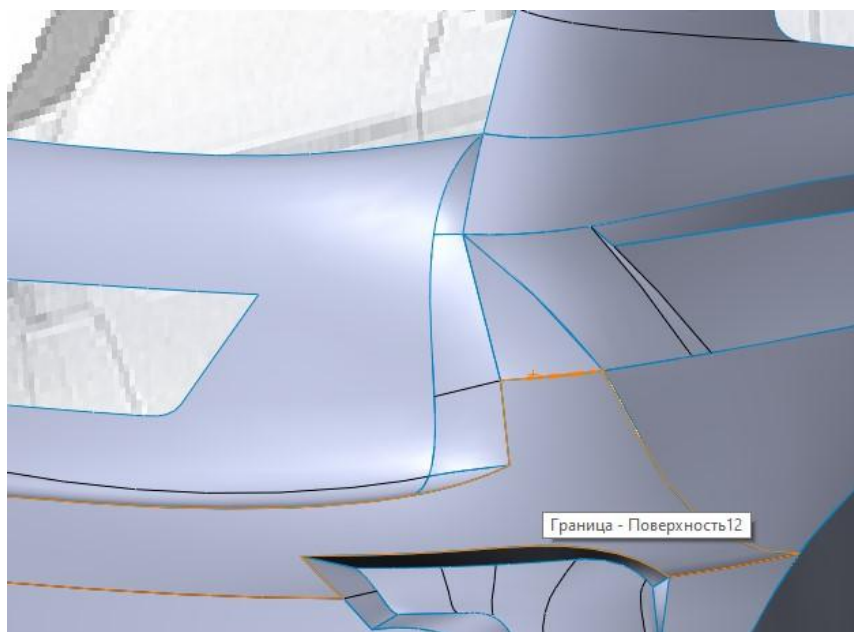


Рисунок 3.32 – Задняя часть автомобиля.

Далее необходимо создать капот, у данного капот сложной формы, поэтому его приходится задавать множеством линий (рисунок 3.33).

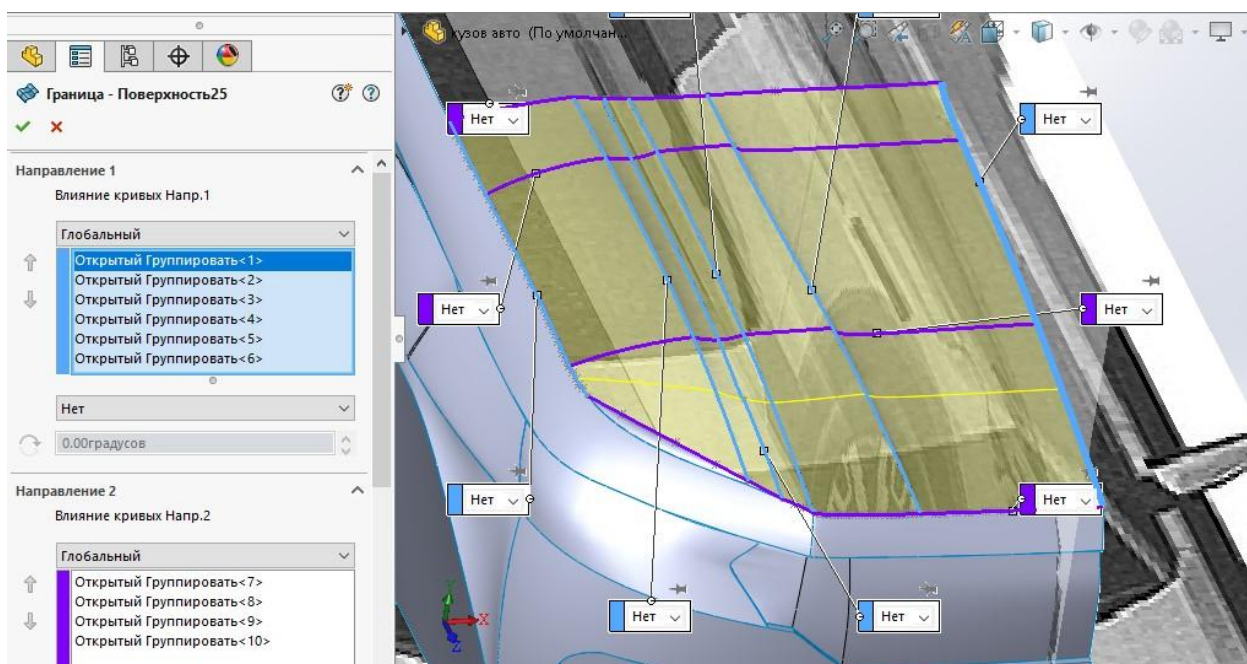


Рисунок 3.33 – Создание капота.

Поверхность стойки, крыши задаются, при помощи нескольких образующих эскизов (рисунок 3.34).

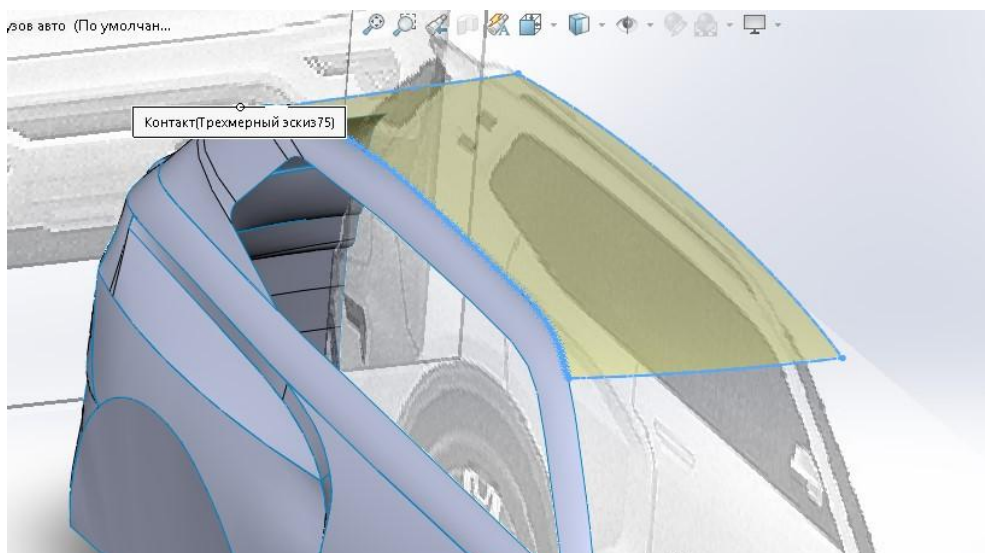


Рисунок 3.34 – Создание стоек и крыши.

Последними поверхностями нам нужно задать остекление на автомобиле (рисунок 3.35).

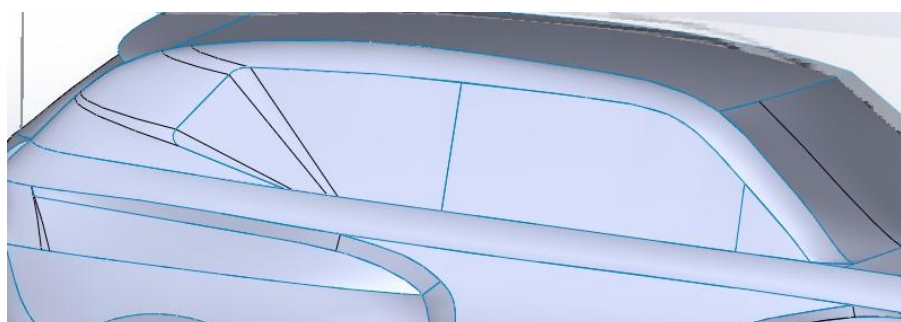


Рисунок 3.35 – Создание остекления.

Для того чтобы модель стала нам понадобится замкнуть нашу оболочку двумя плоскостями, то есть создать замкнутый объем (рисунок 3.36 – 3.37).

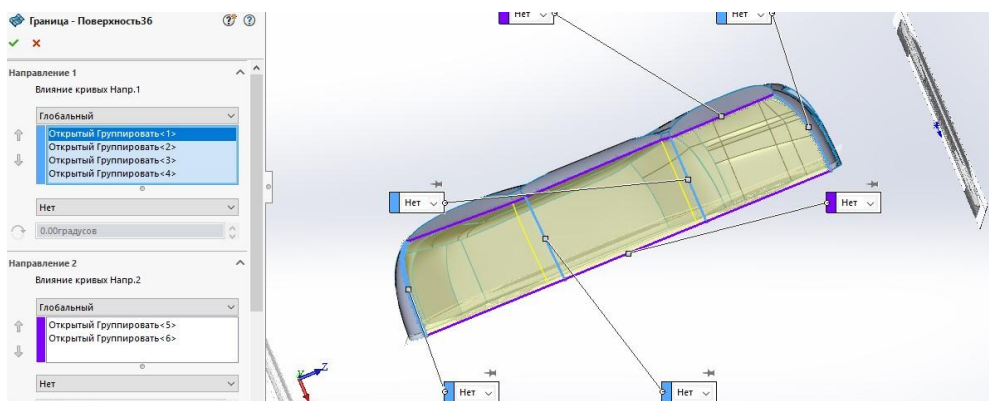


Рисунок 3.36 – Создание нижней плоскости.

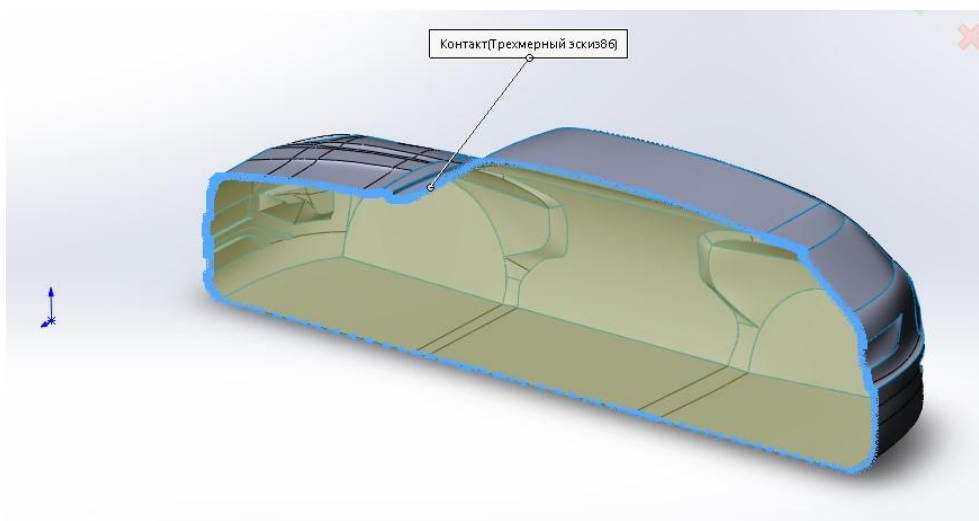


Рисунок 3.37 – Создание боковой плоскости.

Далее выбираем «Сшить поверхность», выбираем все поверхности и ставим отметку на «Создать твердотельный элемент» и «Объединить элементы» (рисунок 3.38).

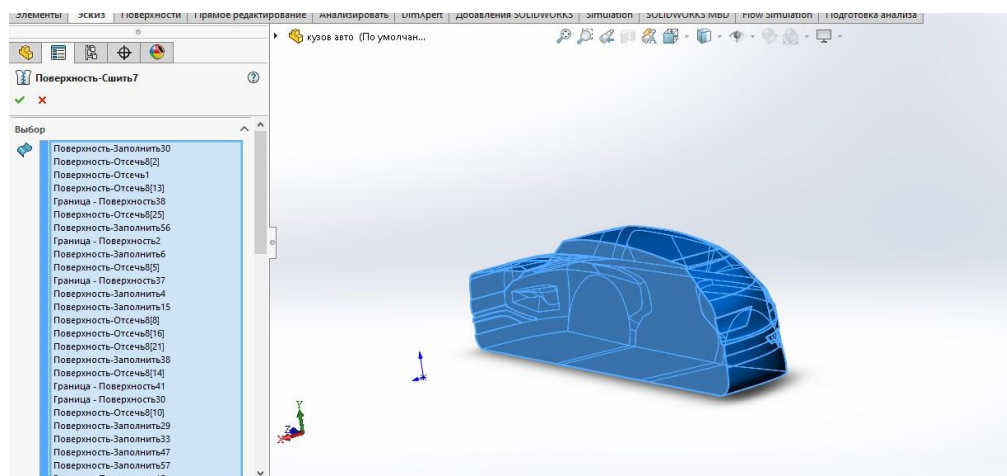


Рисунок 3.38 – Создание твердотельного элемента.

Создание бокового зеркала заднего вида проходит в три этапа:

I. Создание двух поверхностей по трехмерным эскизам (рисунок 3.39).

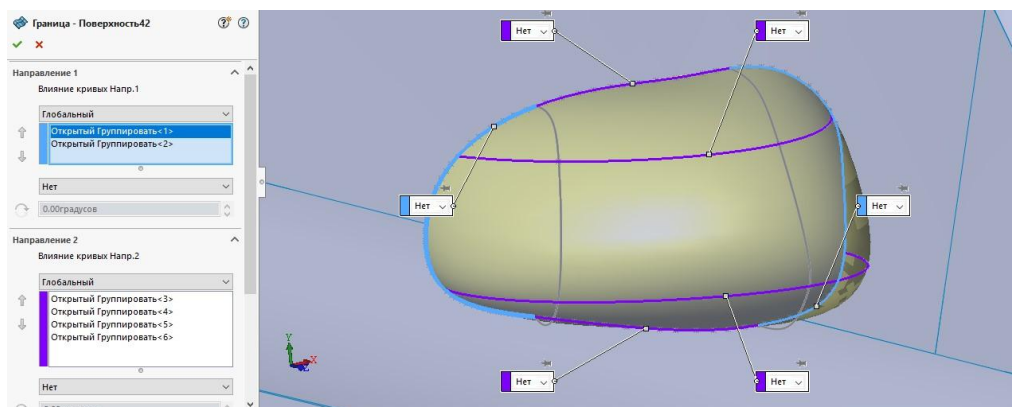


Рисунок 3.39 – Создание оболочки бокового зеркала.

II. После создания поверхностей необходимо их сшить и преобразуем в твердотельный элемент (рисунок 3.40).

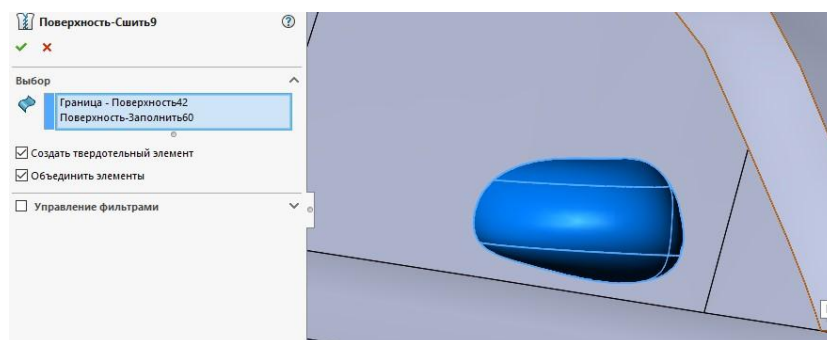


Рисунок 3.40– Создание бокового зеркала.

III. Для создания крепления необходимо при помощи команды «Сплайн на поверхности» на поверхности половины кузова эскиз. При помощи команды «Вытянутая бобышка» создать крепление (рисунок 3.41).

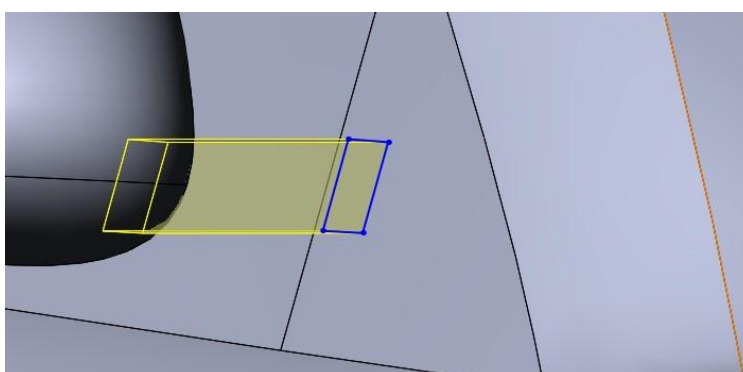


Рисунок 3.41– Создание бокового зеркала.

Следующим этапом, необходимо создать арки под колеса. Для этого нам понадобится создать новую плоскость, равноудаленную от плоскости «Справа» (рисунок 3.42).

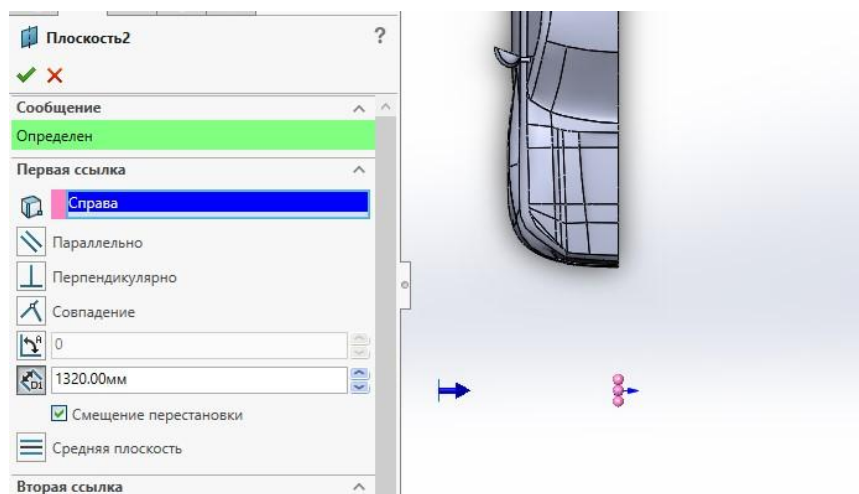


Рисунок 3.42– Создание плоскости.

На созданной плоскости создаем эскиз и при помощи команды «Элементы – вытянутый вырез» создаем место в арке (рисунок 3.43).

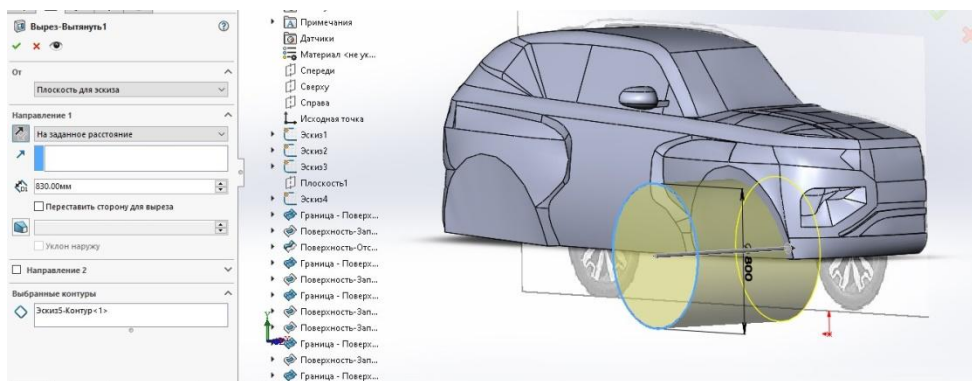


Рисунок 3.43– Создание места под колесо.

На торце новой поверхности создаем крепление для колеса при помощи эскиза на данной плоскости и команды «Элементы – Бобышка – вытянуть» (рисунок 3.44).

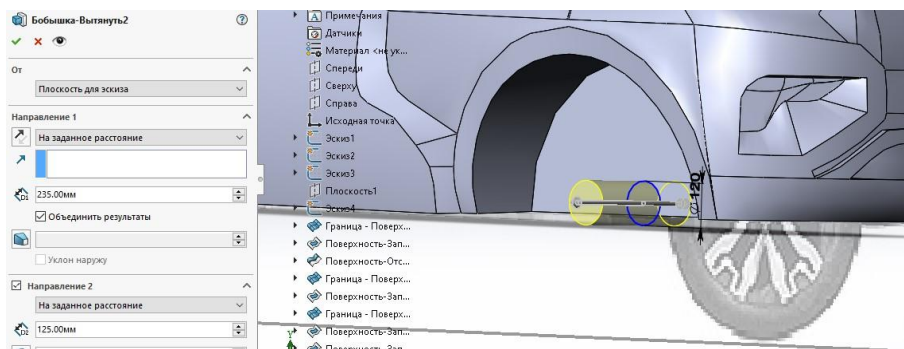


Рисунок 3.44– Создание места крепления колеса.

С помощью команды «Элементы – Линейный массив» создаем арку и место крепления колеса на задней оси модели автомобиля (рисунок 3.45).

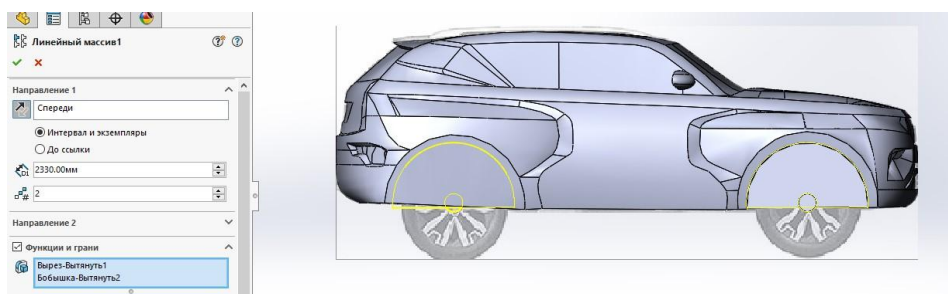


Рисунок 3.45– Создание места крепления колеса на задней оси.

Завершающим этапом, необходимо скруглить все острые кромки на половине математической модели с помощью команды «Элементы – Скруглить» (рисунок 3.46).

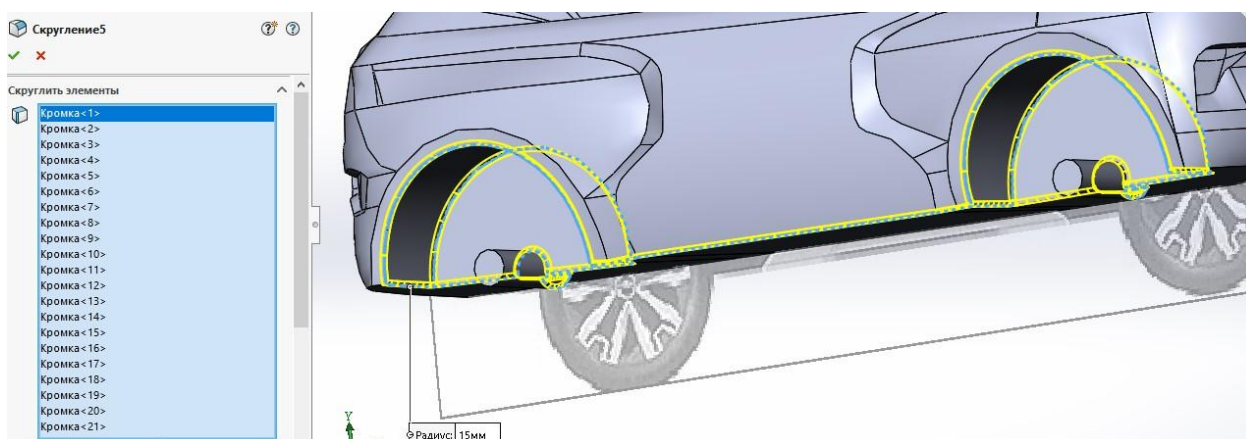


Рисунок 3.46– Скругление острых кромок.

Данным этапом мы завершили создание половины кузова автомобиля. При помощи команды «Отразить зеркально» создаем вторую половину автомобиля, отмечая в параметрах «Объединить элементы» (рисунок 3.47).

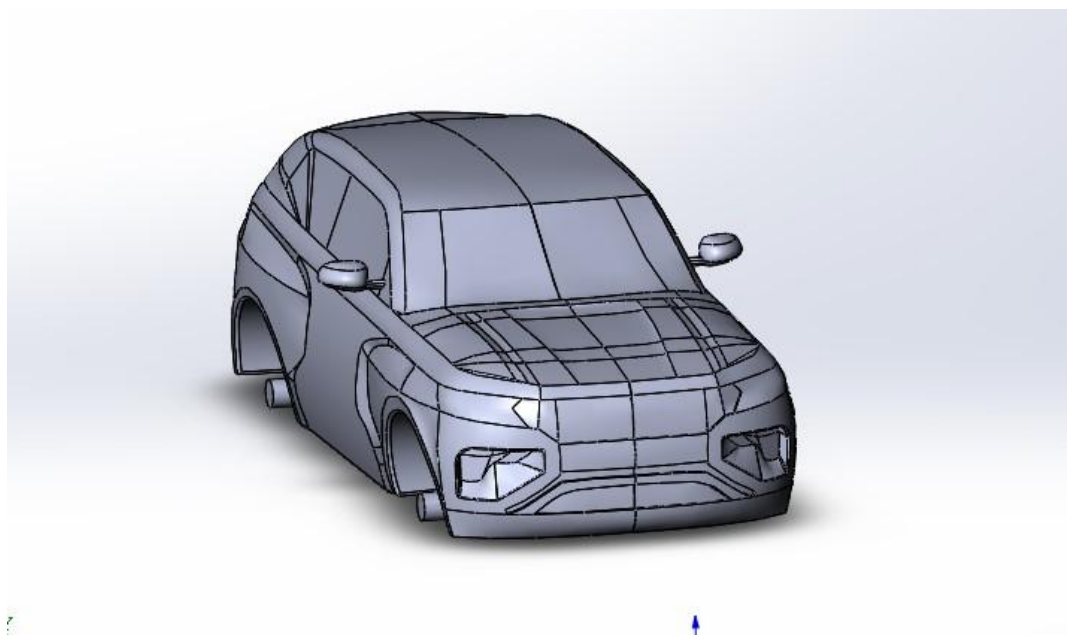


Рисунок 3.47– Кузов математической модели автомобиля.

Снизу модели автомобиля создаем элементы днища и элементы выхлопной системы (рисунок 3.48).

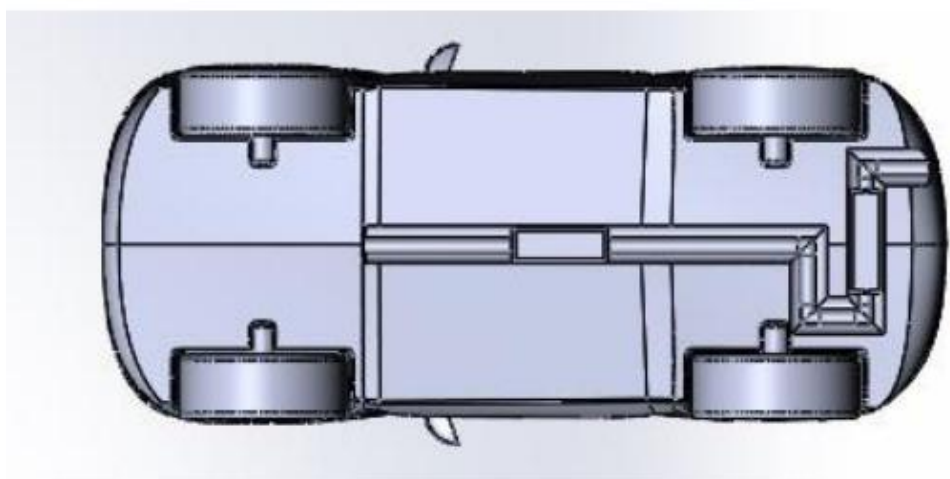


Рисунок 3.48– Днище модели автомобиля.

При помощи вышеперечисленных команд создаем подкапотное пространство с агрегатами (рисунок 3.49) и прорезаем решётку (рисунок 3.50).

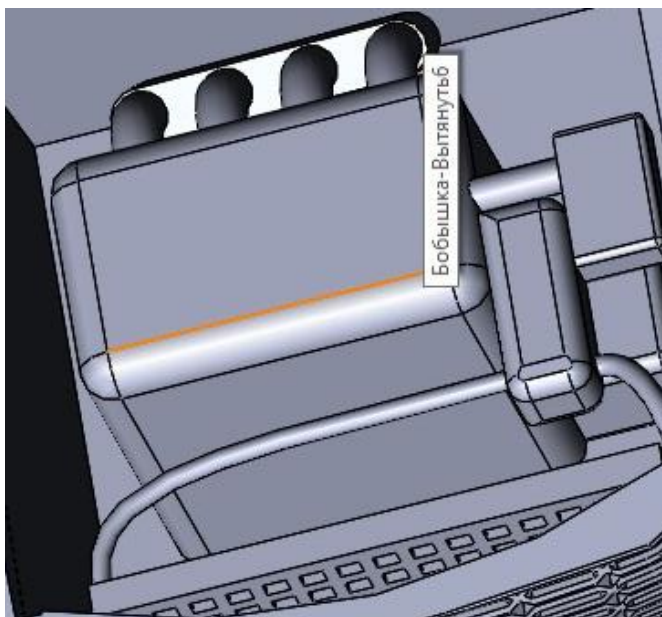


Рисунок 3.49– Подкапотное пространство с агрегатами.

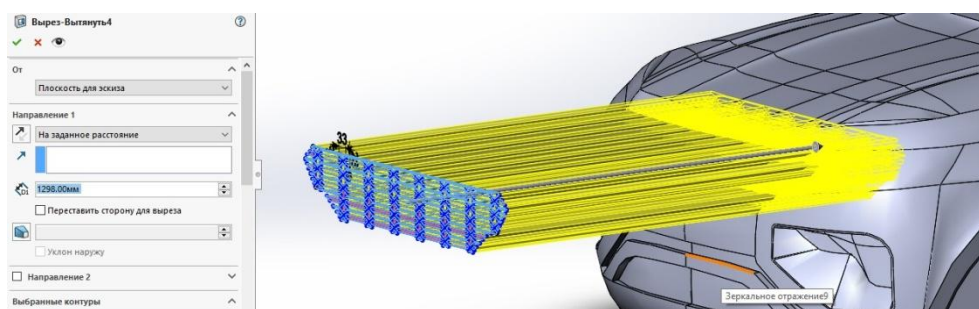


Рисунок 3.50– Прорезание решетки.

Для аэродинамического исследования нам понадобится дорожное полотно, его можно задать прямоугольной бобышкой.

3.3. Проектирование колеса автомобиля методом твердотельного моделирования.

При создании трехмерного диска колеса нам понадобятся первоисточники, либо чертеж, либо эскиз, либо картинка. При представлении модели проектируемого автомобиля, спицы диска были в «х-образном» стиле (рисунок 3.51).



Рисунок 3.51– Колесо в сборе на презентации.

При помощи команд твердотельного моделирования (Бобышка – повернуть, круговой массив, вытянутый вырез, скругление) создаем модель колеса в сборе (рисунок 3.52).

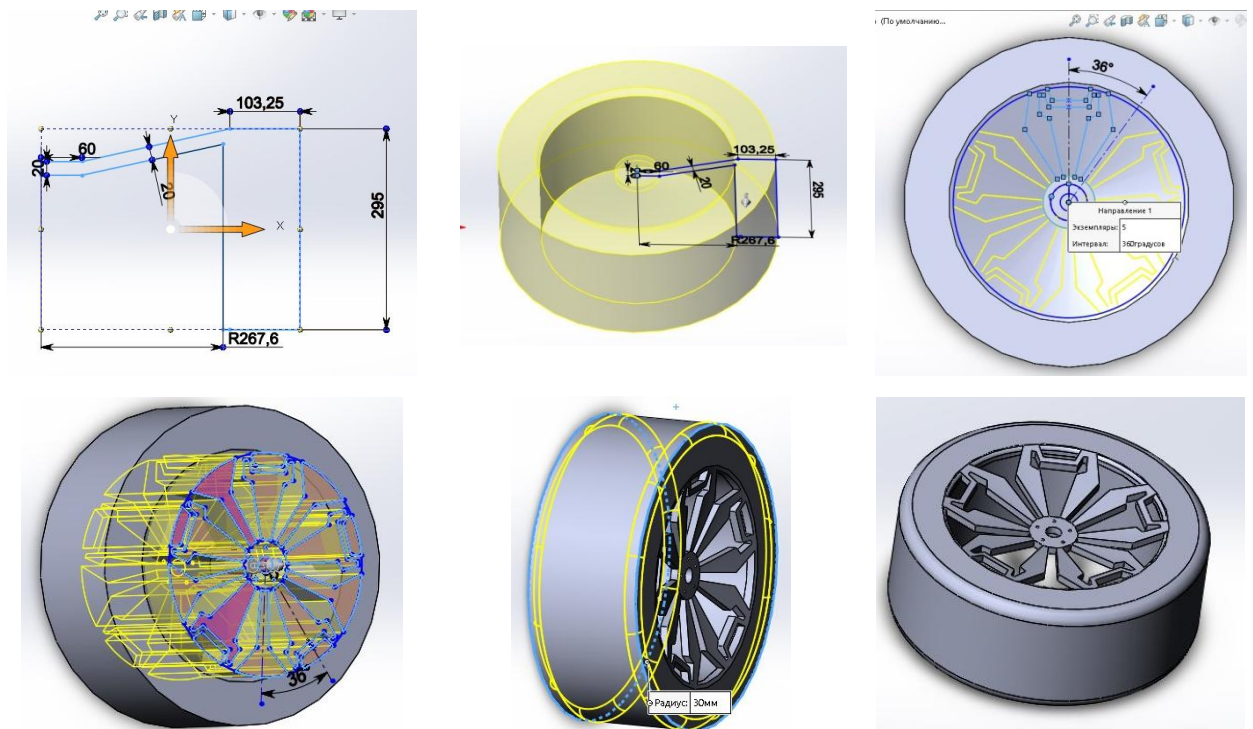


Рисунок 3.52– Создание колеса в сборе.

3.4. Создание сборки дорога–кузов–колеса.

Для создания сборки необходимо выбрать вкладку «Файл» - «Новый документ» - «Сборка». В сборку необходимо вставить элементы сборки, для этого нажимаем «Вставить компоненты» (рисунок 3. 53).

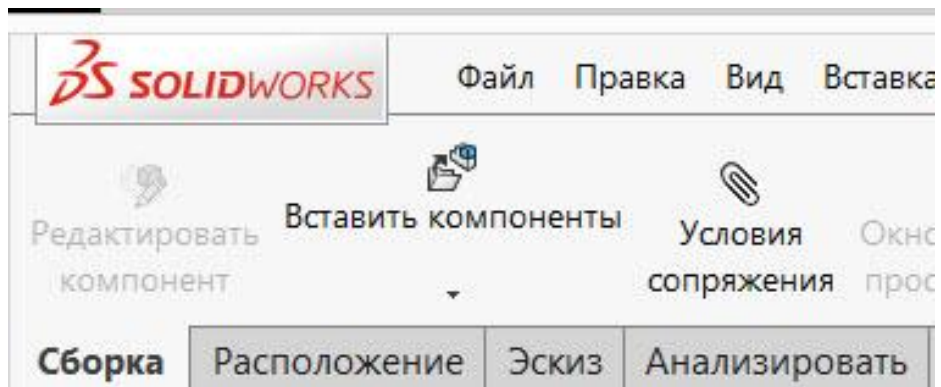


Рисунок 3.53– «Сборка – Вставить компоненты».

Для сборки нам понадобится 4 колеса, кузов и дорога (рисунок 3. 54).

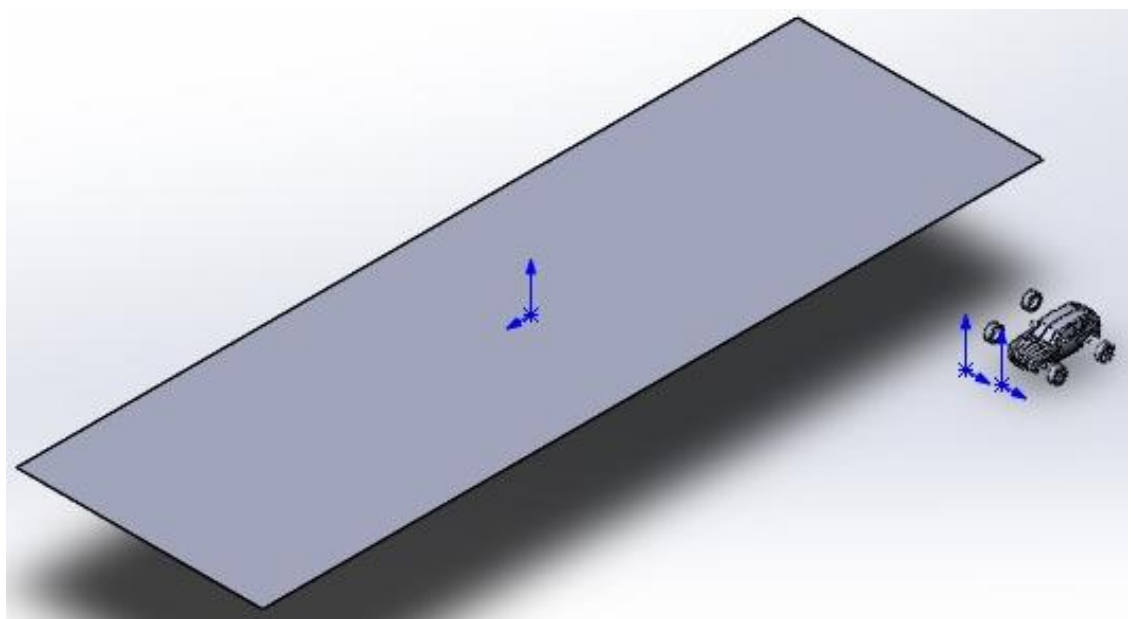


Рисунок 3.54– Элементы сборки.

Каждый элемент в сборке определенным образом должен быть задан, в данном случае при помощи «Условий сопряжений» (рисунок 3. 55).

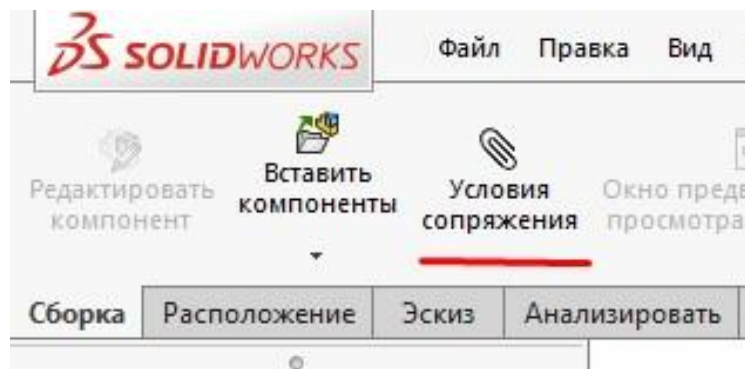


Рисунок 3.55– Условие сопряжения.

Для задания места установки колеса нам необходимо задать концентричность между центральным отверстием в колесе и бобышкой на кузове (рисунок 3. 56).

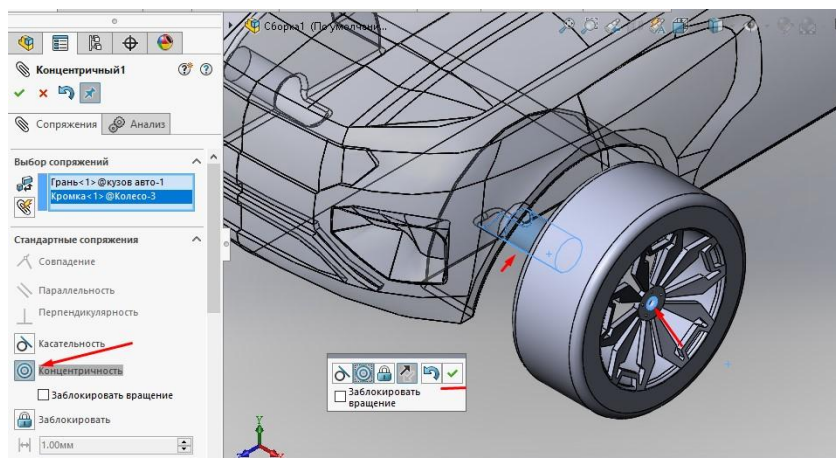


Рисунок 3.56– Задание концентричности.

Затем необходимо задать «Совпадение» между торцом места крепления на кузове и поверхностью примыкания на колесе в сборе (рисунок 3. 57).

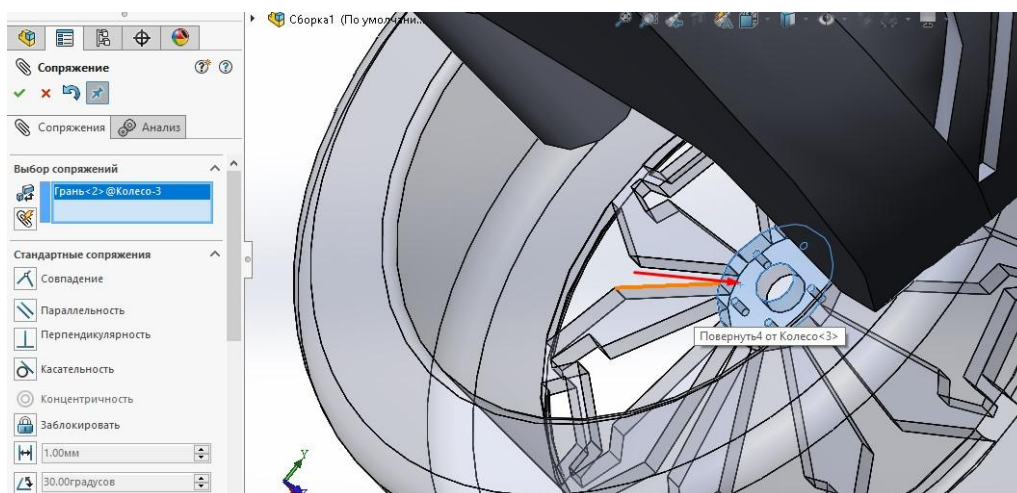


Рисунок 3.57– Задание совпадения.

Повторить вышеперечисленные действия для установки всех колес в места крепления (рисунок 3. 58).

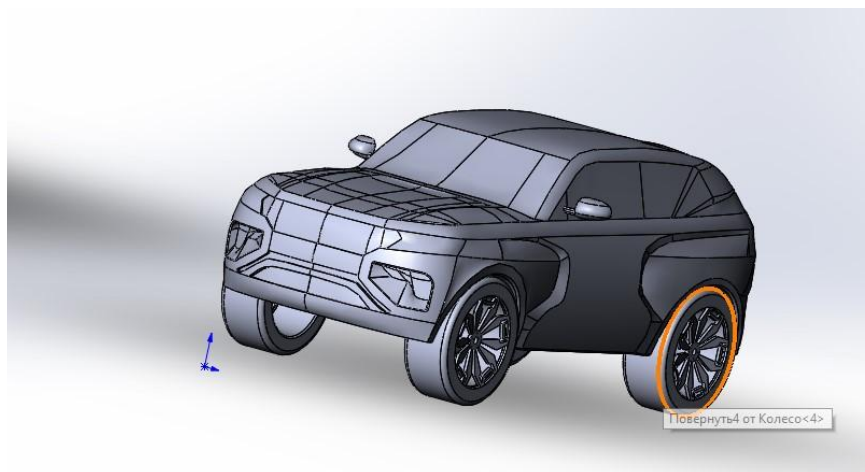


Рисунок 3.58– Кузов с колесами в сборе.

Далее необходимо автомобиль поставить на имитацию дорожного покрытия, для этого необходимо выбрать внешнюю часть шины и дорогу и задать между ними «Касательность» (рисунок 3. 59).

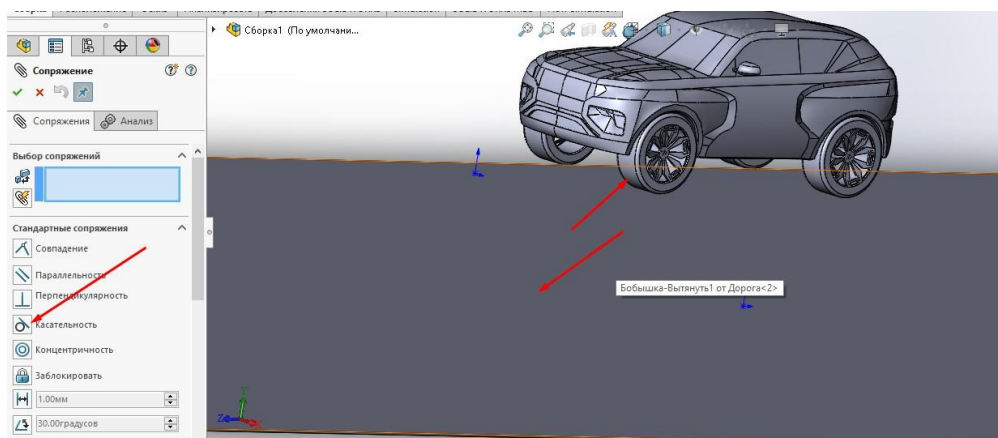


Рисунок 3.59– Задание касательности

Итоговая вид сборки представлена на рисунке 3.60.

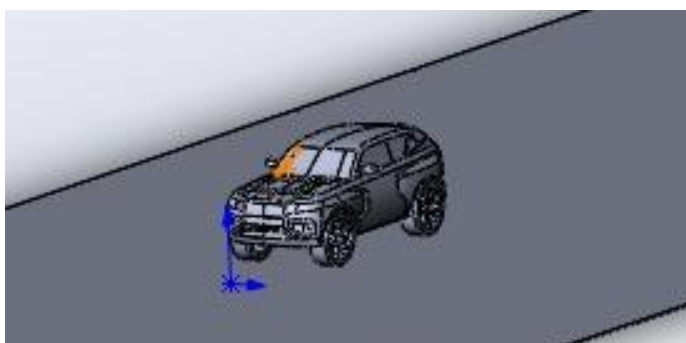


Рисунок 3.60– Задание касательности.

Глава 4. Аэродинамические исследования модели автомобиля в программном ресурсе SolidWorks Flow Simulation.

4.1. Ввод начальных данных, настройка расчётных программ и последовательность аэродинамических расчетов.

SolidWorks Flow Simulation является встроенной подпрограммой SolidWorks, которая позволяет рассчитывать методом конечных элементов: физические характеристики различных потоков (от потоков воздуха до потоков тепловых, радиационных и жидкостных), а также влияние воздействия разнообразных потоков на твердые тела [4].

Дополнение Flow Simulation необходимо загрузить, для этого выбираем вкладку «Добавления SolidWorks» и в раскрывшемся панели выбираем «SolidWorks Flow Simulation» (рисунок 4.1).

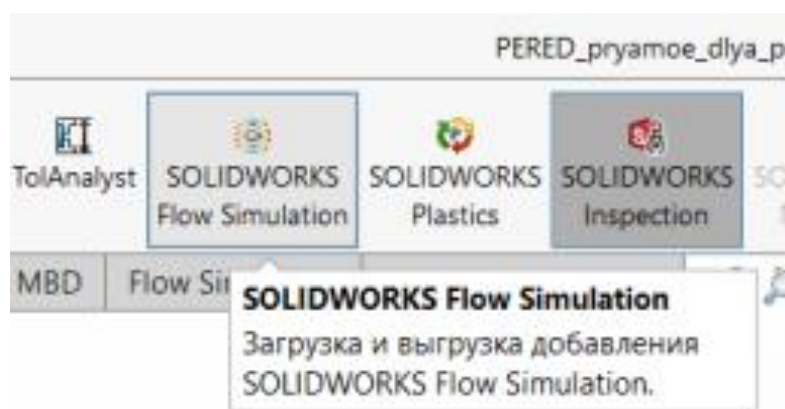


Рисунок 4.1 – Добавления SolidWorks

После данных действий появиться новая вкладка «Flow Simulation». Далее необходимо перейти в эту вкладку и создать проект нажав на кнопку «Мастер проекта» (рисунок 4.2).

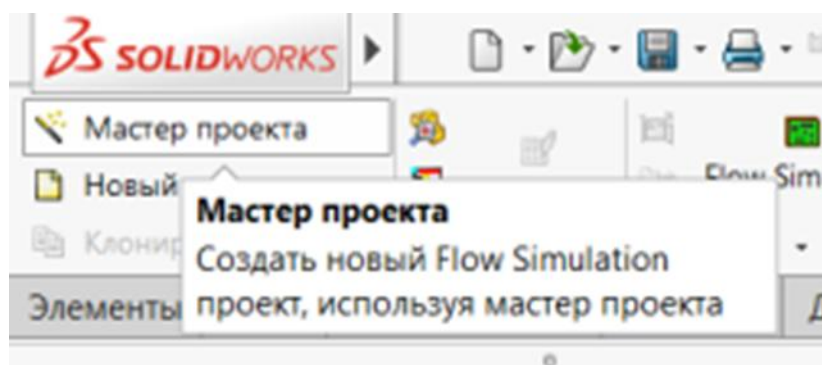


Рисунок 4.2 – Создание нового проекта.

Открывается диалоговое окно «Мастер проекта» (рисунок 4.3).

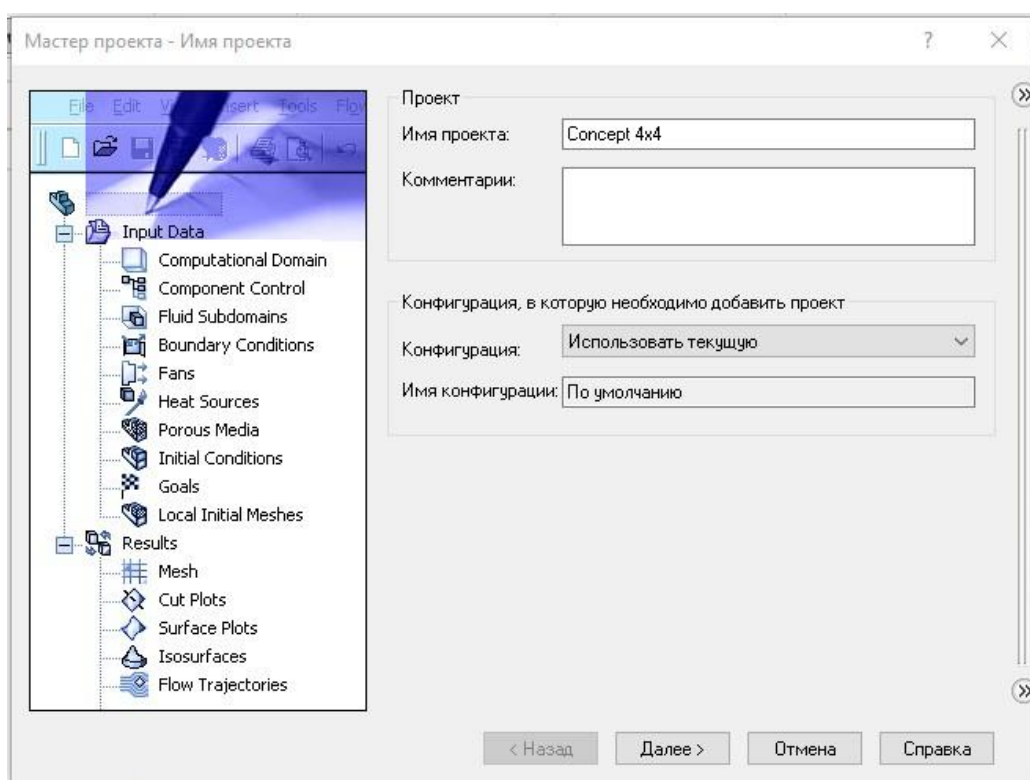


Рисунок 4.3 – Название проекта.

В данном окне необходимо задать имя проекта, выбрать конфигурацию и нажать кнопку «Далее». В следующее окно «Система единиц измерения», необходимо выбрать нужную систему измерения или создать новую, в данном случае выбираем систему СИ (рисунок 4.4).

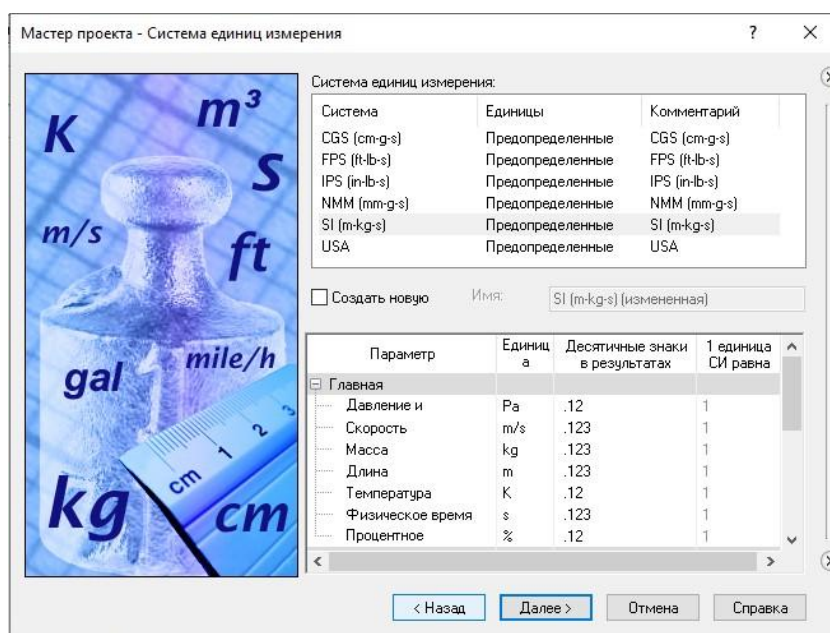


Рисунок 4.4 – Система единиц измерения.

После нажатия кнопки «Далее», появляется окно «Тип задачи»: «Внутренняя» - для расчета замкнутых пространств и «Внешняя» - для расчета открытых пространств. В данном случае выбираем «Внешняя». Также исключаем внутреннее пространство и полости, где течение потока не предусматривается. Выбираем физическую модель задачи. В случае симуляции продувок в аэродинамической трубе данный тип относится к «Нестационарность». В раскрывшемся списке «Нестационарность» выбирается общее время задачи. В этом же окне выбирается базовая ось, вдоль которой будет осуществляться течение потока. В нашем случае – это ось Z и нажимаем кнопку «Далее» (рисунок 4.5).

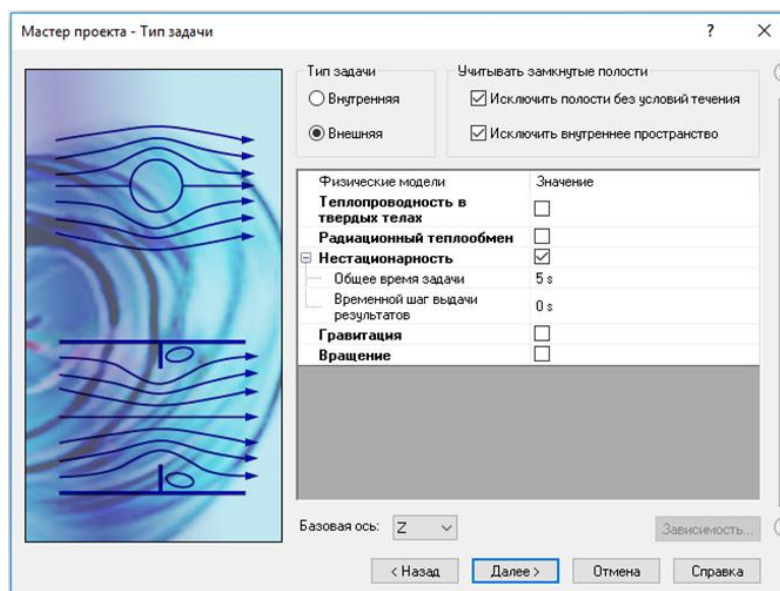


Рисунок 4.5 – Тип задачи.

В следующем окне «Текучая среда» необходимо выбрать из чего будет состоять поток и характеристику течения потока. В данном случае, в списке «Газы», выбираем «Air» (воздух), а характеристика течения потока выбираем «Ламинарное и турбулентное» (рисунок 4.6).

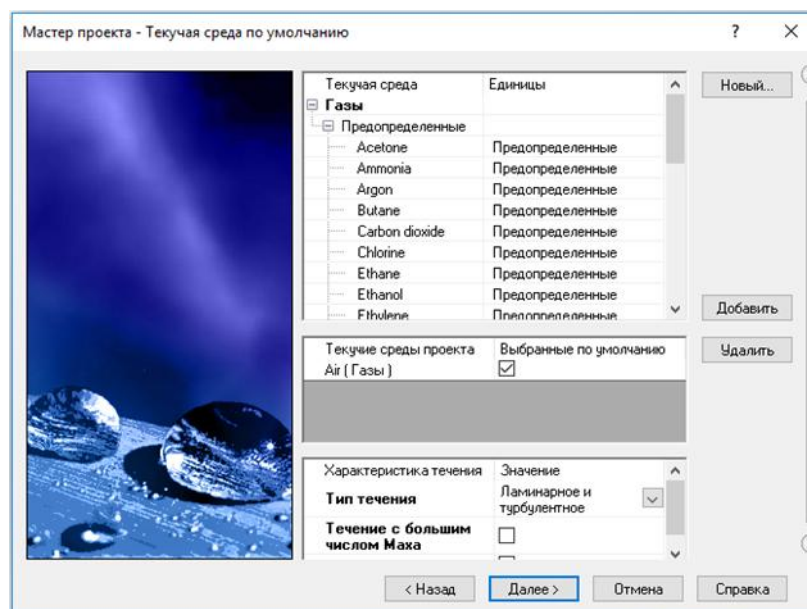


Рисунок 4.6 – Текучая среда.

После нажатия кнопки «Далее», мы попадаем в следующее окно «Условия на стенках», в котором можно задать тепловое условие на стенках и шероховатость поверхности (рисунок 4.7).

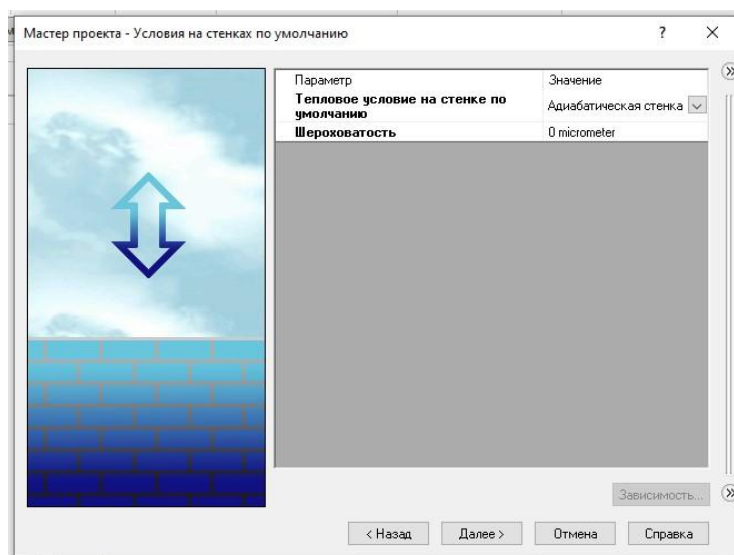


Рисунок 4.7 – Условия на стенках.

Завершающим диалоговым окном является «Начальные условия», здесь можно задать параметры среды, а именно давление, температура и скорость потока (рисунок 4.8).

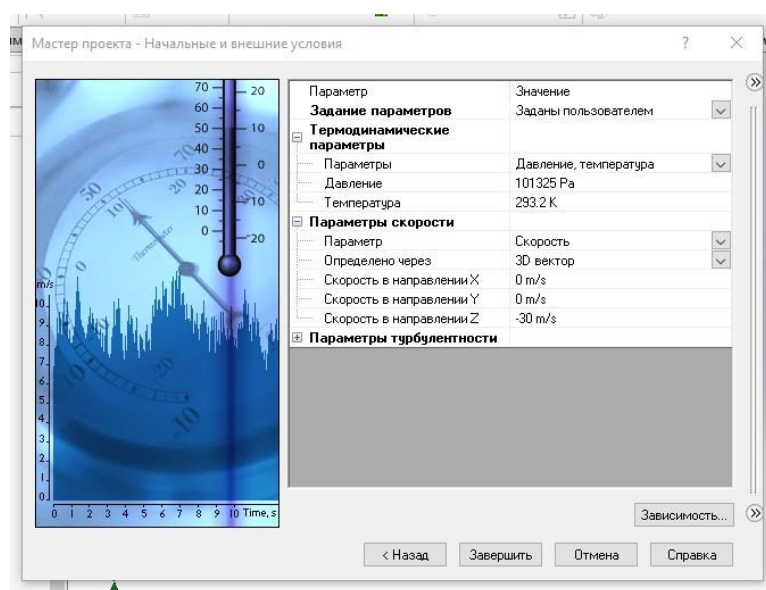


Рисунок 4.8 – Начальные условия.

После нажатия на кнопку «Завершить» проявляется расчетная область вокруг трехмерной модели. Размер расчетной области можно редактировать и от этого будет зависеть время расчета (рисунок 4.9).

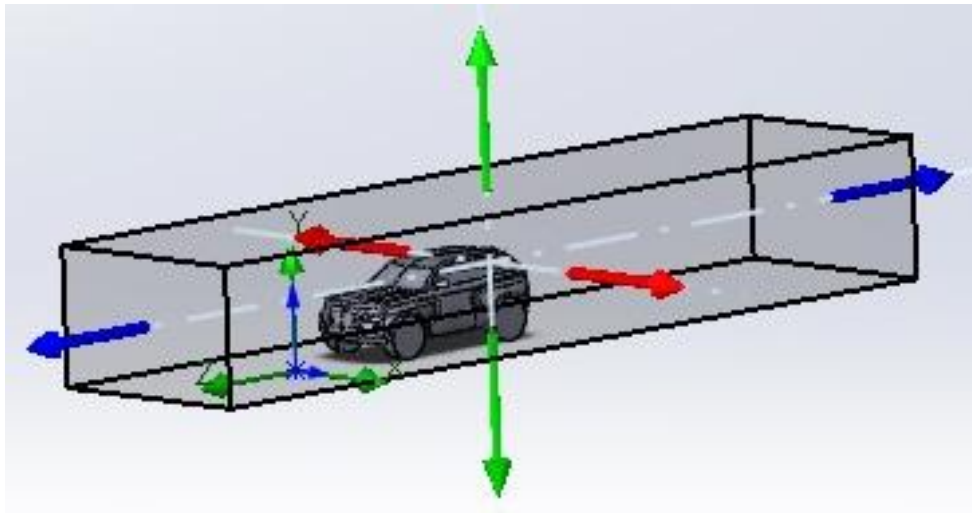


Рисунок 4.9 – Расчетная область.

После задания расчетной области, необходимо задать цели проекта, которые нас интересуют. Для этого нажимаем правой клавишей мышки на «Цели» и выбираем «Добавить глобальные цели» (рисунок 4.10).

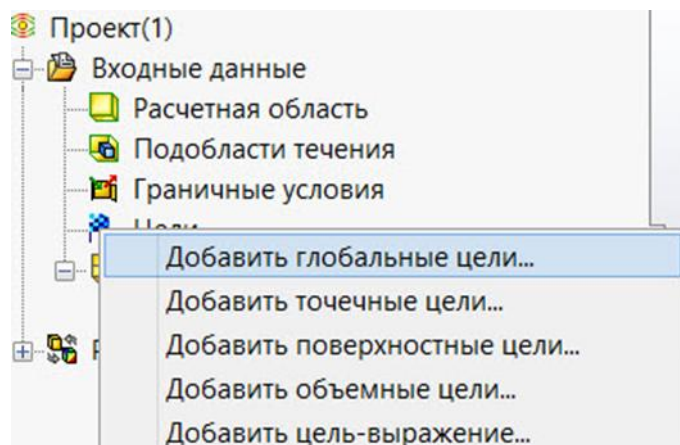


Рисунок 4.10 – Добавление целей проекта.

В открывшемся списке выбираем «Сила давления (Z)». В нашем случае это и будет сила лобового сопротивления (рисунок 4.11).

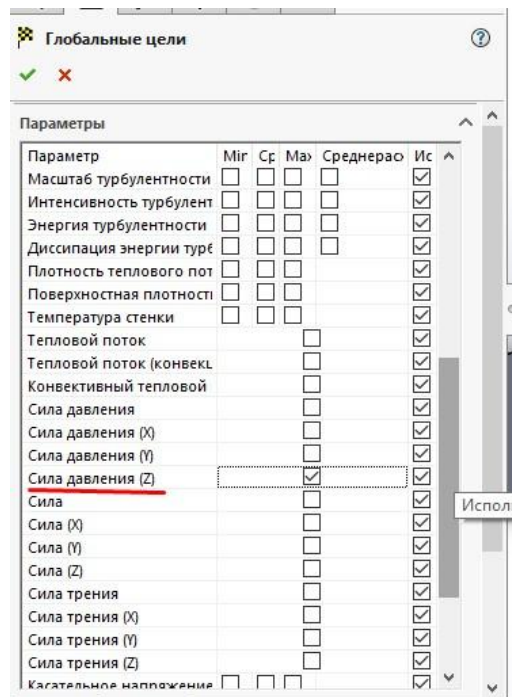


Рисунок 4.11 – Список глобальных целей.

Следующим этапом необходимо выбрать разрешение сетки (рисунок 4.12). Для этого выбираем «Сетка», «Глобальная сетка», «Изменить базовую сетку», здесь выбираем разрешения сетки «7».

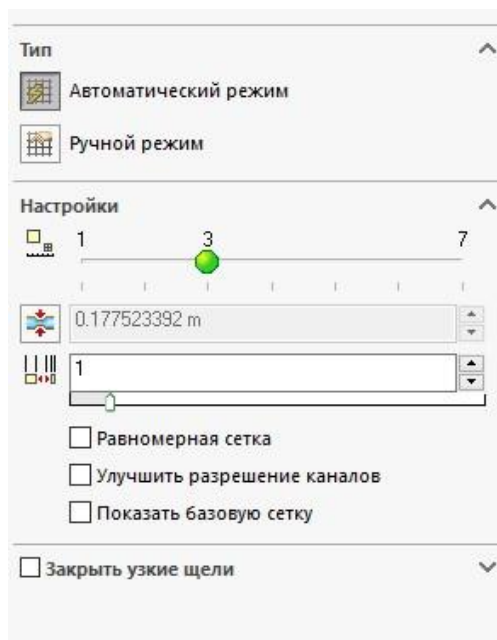


Рисунок 4.12 – Задание сетки.

Размер разрешения сетки влияет, как на время расчета так и на точность результатов. После всех перечисленных операций проект готов к расчету. Для запуска расчета нажимаем кнопку «Запустить» (рисунок 4.13).

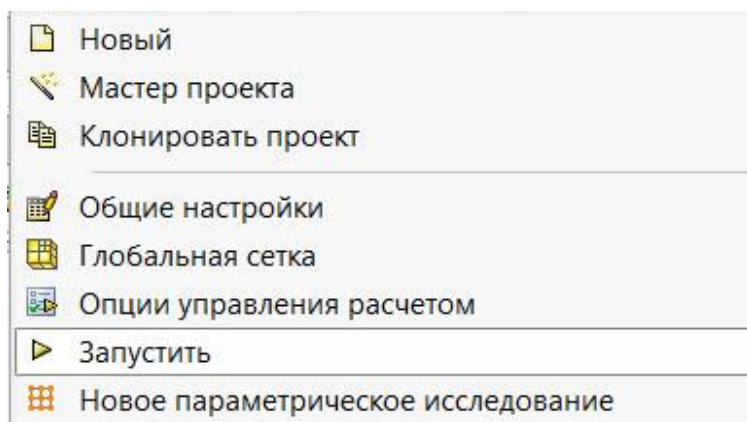


Рисунок 4.13 – Запуск расчета.

В появившемся окне, в строке «Использовать» необходимо выставить максимальное количество ядер вашего компьютера (для меньшего времени расчета) и нажать кнопку «Запустить» (рисунок 4.14).

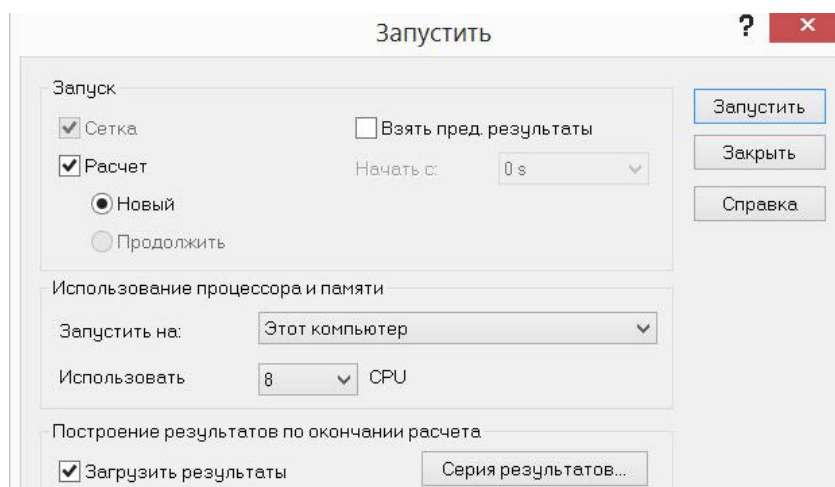


Рисунок 4.14 – Окно запуска расчета.

После запуска появляется окно с текущим состоянием расчета, в котором отображены общие данные. О окончании расчета свидетельствует надпись «Расчет завершен» в строке «Статус», после данного сообщения окно закрываем.

Результаты расчета автоматически загружаются в файл, откуда был запущен расчет. Чтобы вывести результаты в отдельный файл необходимо нажать кнопку «Цели» и в появившийся вкладке нажимаем на кнопку «Показать», после данной операции появляется сводная таблица с результатами (рисунок 4.15).

Имя цели	Единица измерения	Значение	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение
ГЦ Сила давления (Z) 1	[N]	-420.845	-420.713	-422.928	-419.481

Рисунок 4.15 – Результаты расчета.

4.2. Анализ графических результатов исследования.

В данном программном комплексе представлено несколько способов графического представления результатов исследования, а именно «Картина в сечении», «Картины на поверхности», «Изоповерхности», «Траектории потока».

Для создания «Картины на поверхности» необходимо нажать правой кнопкой на данную процедуру, и выбрать «Добавить картины на поверхности». В появившейся вкладке, выбираем использовать все поверхности, в разделе показать «Заливка», в параметрах заливки выбираем «Давление» и нажимаем кнопку «Ок». На поверхности объекта испытаний цветом показаны соответствующие значения давления относительно шкалы, которую можно редактировать (рисунок 4.16).

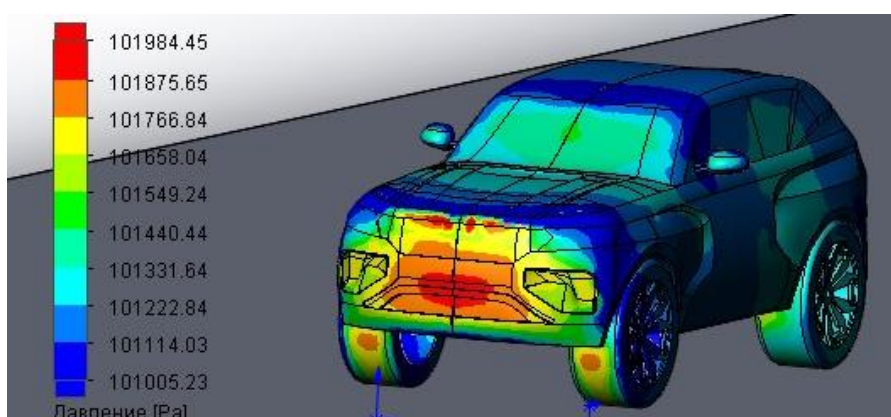


Рисунок 4.16 – Распределение давление на поверхности.

Сопротивление давления – главный фактор, определяющий значение лобового сопротивления. Из рисунка 4.16 можно отметить, что в передней части автомобиля максимальное давление, вызванное набегающим потоком воздуха, а углубления в бампере служат концентратором набегающего воздуха.

Для более полного представления картины давления потока необходимо выбрать «Картина в сечении». Выбираем плоскость «Справа», в разделе показать «Заливка». В разделе заливка «Давление» и нажимаем «Ок». Из рисунка 4.17 и 4.18 можно сделать вывод, что автомобиль имеет большое сопротивление у решетки автомобиля. Автомобиль при данной конфигурации, возможно, имеет малую прижимную силу.

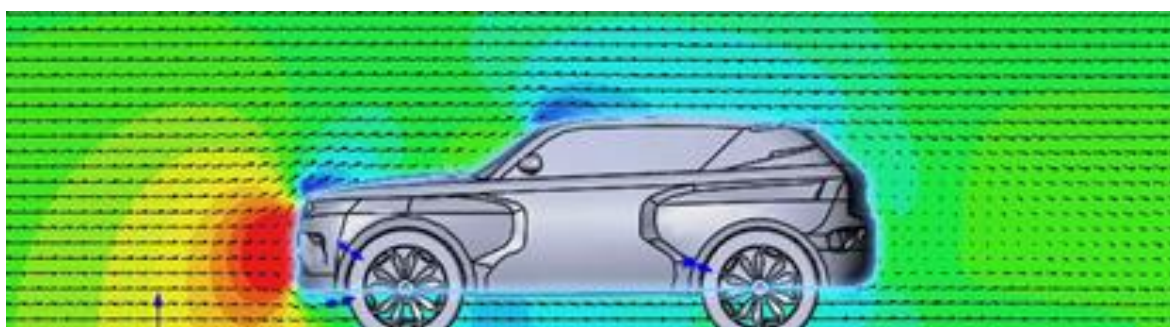


Рисунок 4.17 – Распределение давление на плоскости «Справа».

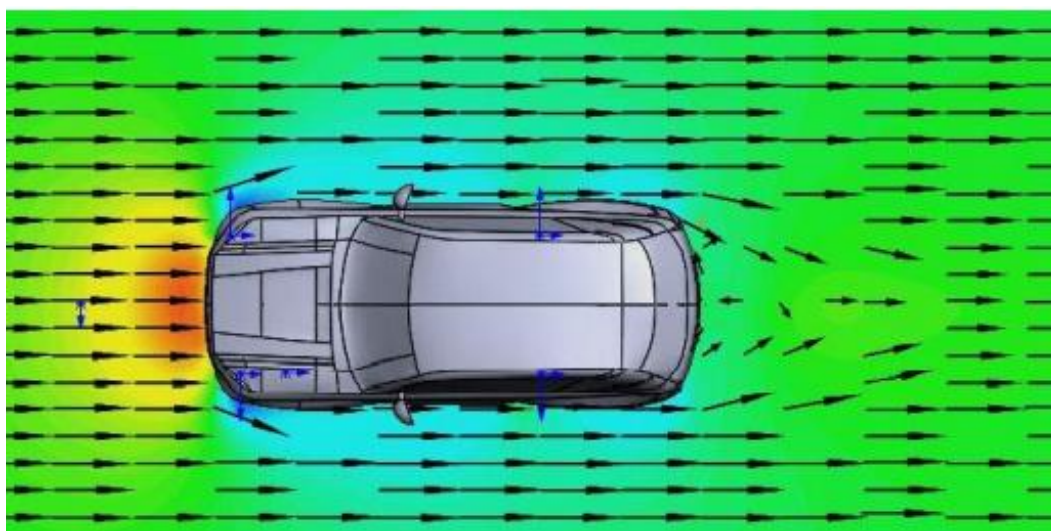


Рисунок 4.18 – Распределение давление на плоскости параллельной плоскости «Сверху».

4.3. Расчет коэффициента аэродинамического сопротивления C_x .

Приоритетная задача аэродинамики автомобиля является задача снижения силы лобового сопротивления, которая способствует топливной экономичности, благоприятно влияет на скорость и динамику автомобиля. Она является основным количественным результатом аэродинамического исследования. Для сравнения автомобилей в аэродинамике используется коэффициент аэродинамического сопротивления C_x . Это безразмерный коэффициент, характеризующий отношение силы лобового сопротивления к скорости и поперечному сечению автомобиля (лобовой площади).

Формула коэффициента лобового сопротивления:

$$C_x = \frac{2F_L}{\rho_v \cdot A \cdot V^2},$$

где: F_L – сила лобового сопротивления, 421 Н; ρ_v – плотность воздуха, 1.21 кг/м³; A – лобовая площадь автомобиля (мидель), 2,22 м²; V – скорость автомобиля, 30 м/с.

При вычислении площади по миделю необходимо: спроецировать спроецировать модель будущего автомобиля на плоскость (в нашем случае плоскость «Спереди»), при помощи создания эскиза на плоскости «Спереди» создать эскиз по контуру автомобиля, после чего убедившись, что контур замкнут, зайти во вкладку «Анализировать» и с помощью инструмента «Измерить» вычислить площадь (рисунок 4.19).

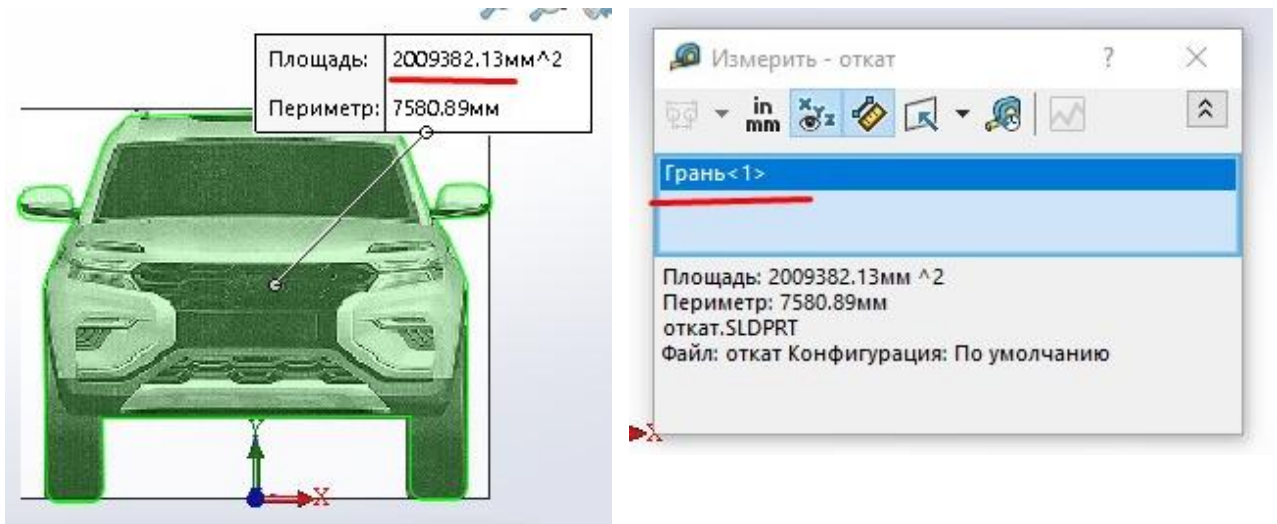


Рисунок 4.19 – Площадь по миделю.

От уровня дробления сетки (рисунок 4.20) зависит точность результатов аэродинамического коэффициента исследования. Зависимость представлена на рисунке 4.21. Исходя из зависимости можно сказать что оптимальная сетка является размером «7».

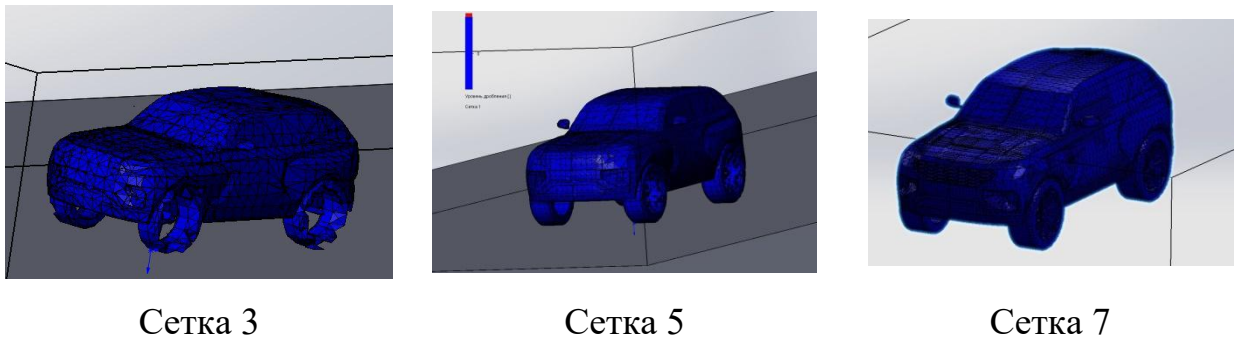


Рисунок 4.20– Сетка на поверхности автомобиля.

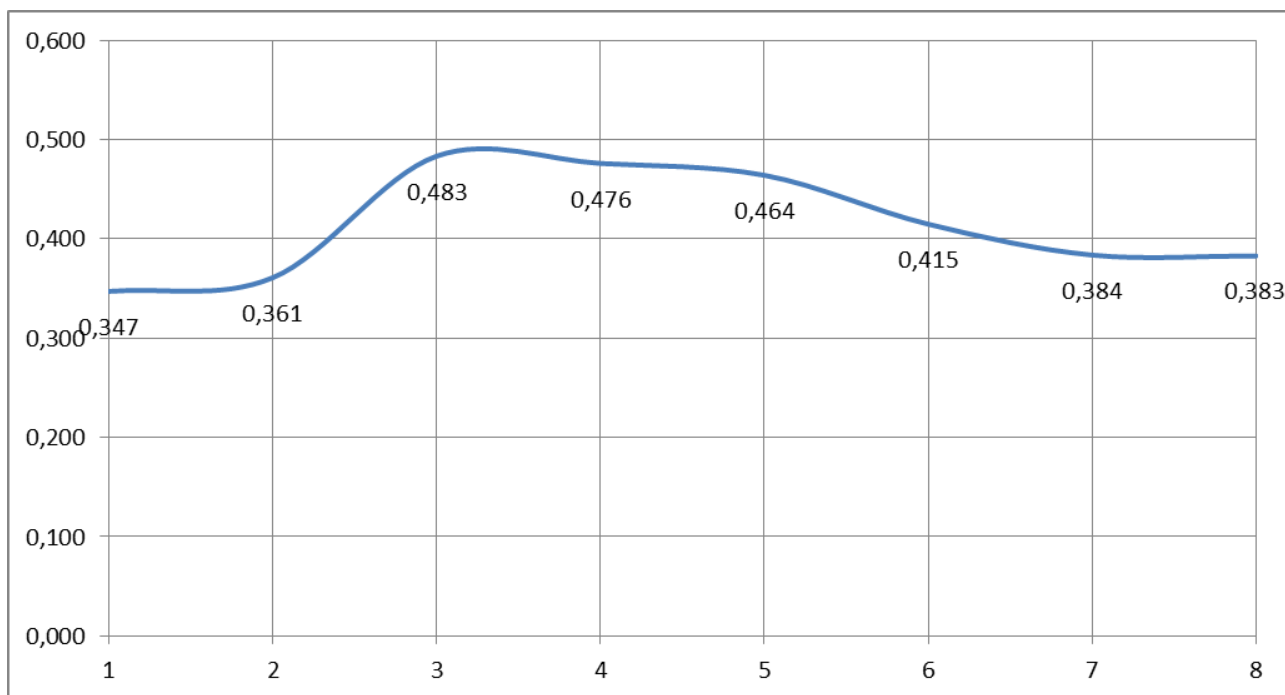


Рисунок 4.21– Зависимость аэродинамического коэффициента от размера сетки.

4.4. Исследование влияния внешних элементов на аэродинамический коэффициент C_x .

4.4.1. Влияние углублений в бампере на аэродинамический коэффициент C_x .

Расчетная модель (рисунок 4.22) в отличие от исходного варианта не имеет углублений в бампере.

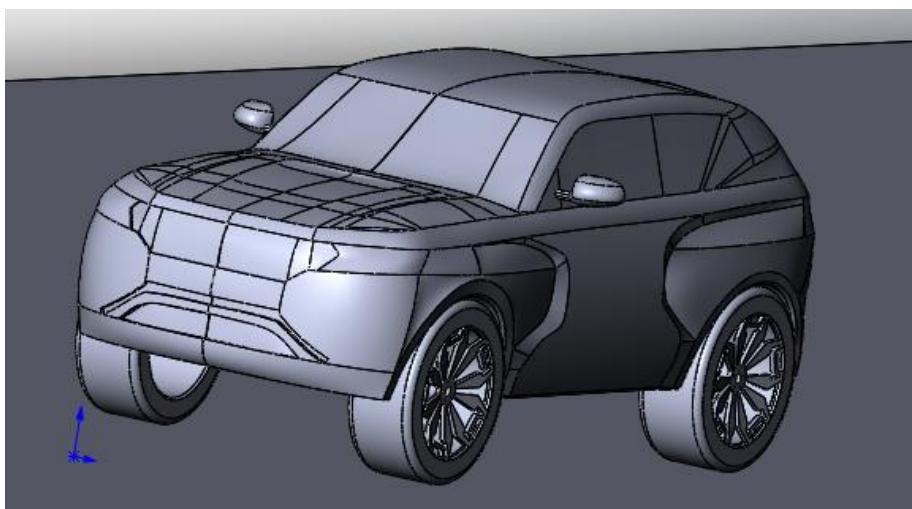


Рисунок 4.22– Модель без углублений в бампере.

Дальнейшая продувка выявила изменения на картине поверхности в местах углублений бампера. На рисунке 4.23 показано распределение давления по поверхности модели автомобиля. В районе углублений наблюдается уменьшение давления.

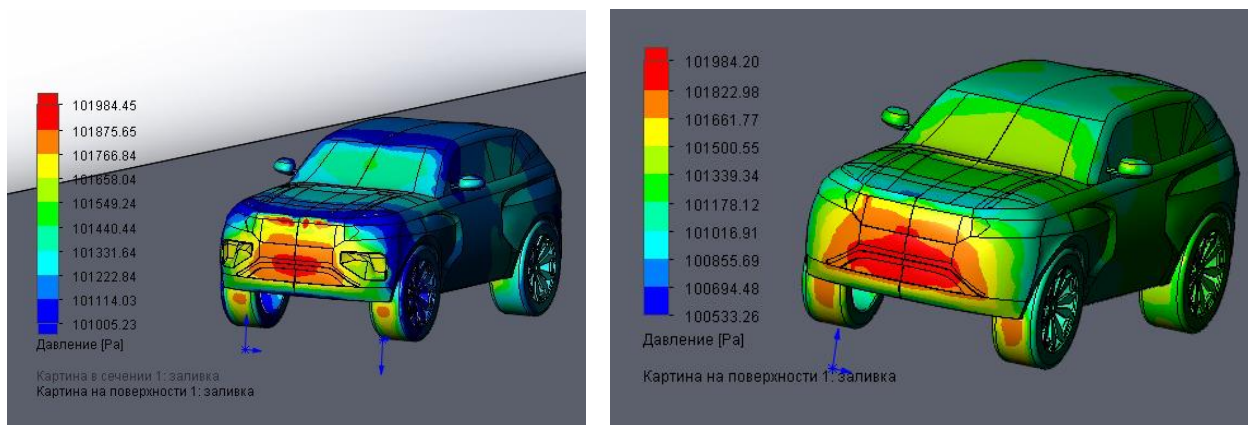


Рисунок 4.23– Распределение давления.

Наличие углублений в бампере повышает аэродинамический коэффициент C_x с 0,378 до 0,384.

4.4.2. Влияние на аэродинамический коэффициент C_x при отсутствии углублений в бампере и «х-образного» рельефа на боковой части автомобиля.

Расчетная модель (рисунок 4.24) в отличие от исходного варианта не имеет углублений в бампере и «х-образного» рельефа на боковой поверхности автомобиля.

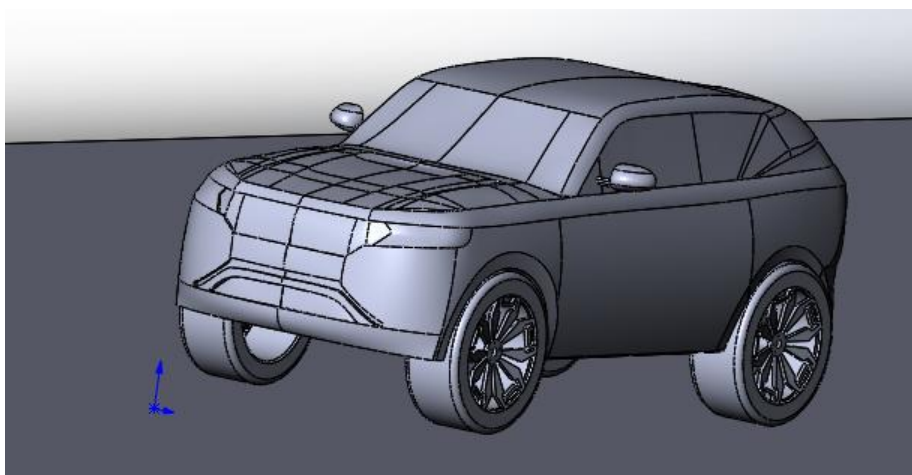


Рисунок 4.24– Модель без углублений в бампере и выштамповок.

Продувка выявила изменения на картине поверхности в местах углублений бампера и «х-образного» рельефа. На рисунке 4.25 показано распределение давления по поверхности модели автомобиля. В районе углублений наблюдается уменьшение давления и более равномерное распределение давления по боковой части автомобиля.

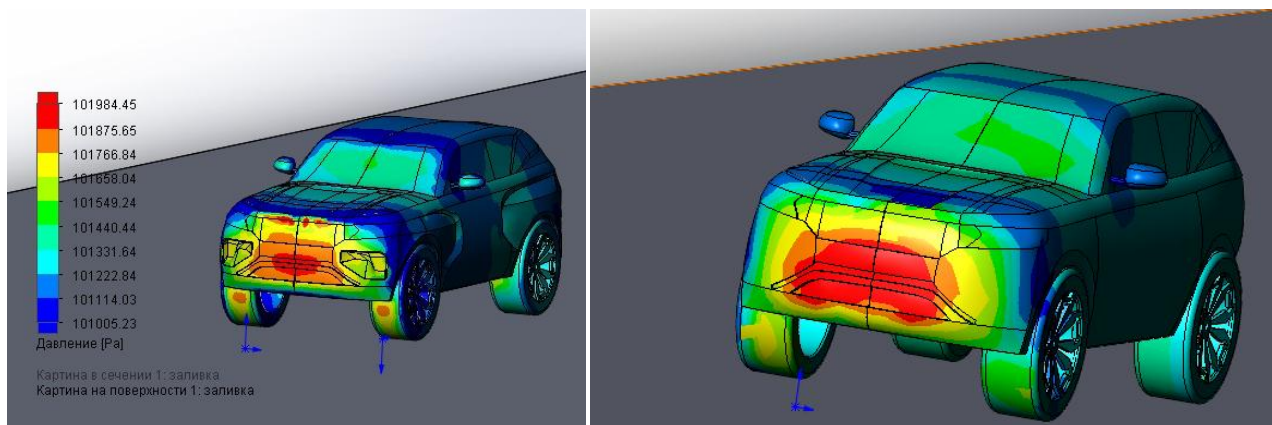


Рисунок 4.25– Распределение давления.

Наличие углублений и «х-образного» рельефа совместно повышают показатель аэродинамический коэффициент C_x с 0,369 до 0,384.

4.4.3. Влияние диффузора на аэродинамический коэффициент C_x .

Данный автомобиль выполнен в броском агрессивном дизайне, для привлечения спроса у покупателей. А как изменится аэродинамический коэффициент, если мы поставим более спортивный бампер?

На рисунке 4.26 представлена математическая модель, отличием от исходного варианта является наличие диффузора. Диффузор – это элемент, который перераспределяет воздушные потоки.

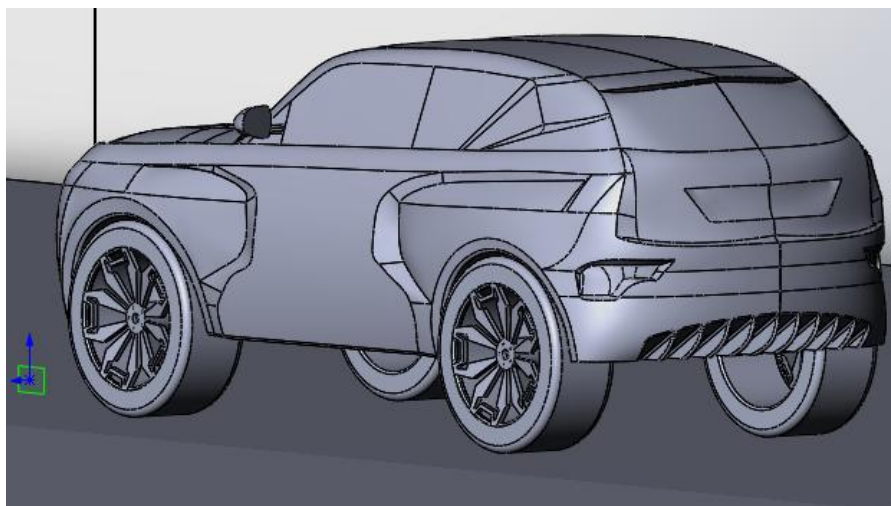


Рисунок 4.26– Модель с диффузором.

После продувки было выявлено, что потоки воздуха в результате прохождения диффузора образуют большие завихренности, но при этом образуется более сильное разрежение под автомобилем, тем самым увеличивается прижимная сила.

Наличие диффузора повышает показатель аэродинамический коэффициент C_x с 0,384 до 0,399.

4.4.4. Анализ влияния внешних элементов на аэродинамический коэффициент C_x .

Исходя из полученных данных, можно построить гистограмму (рисунок 4.27).

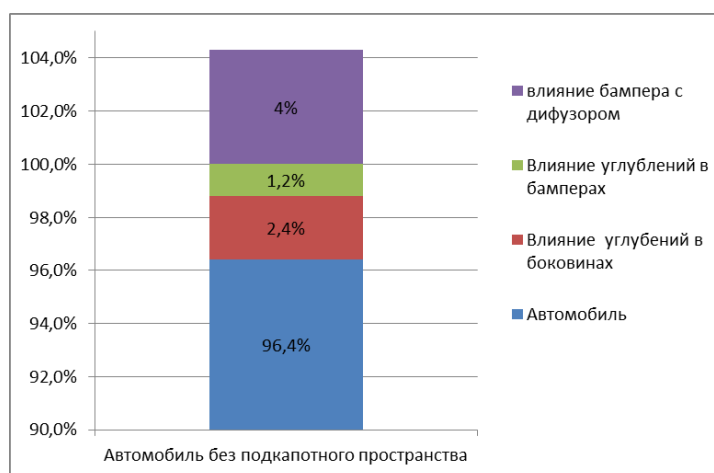


Рисунок 4.27– Влияние внешних элементов.

Исходя с гистограммы, можно сделать выводы:

- Аэродинамический коэффициент C_x можно снизить в сумме на 3,6% за счет исключения углублений в бампере и «х-образного» рельефа.
- При установке диффузора аэродинамический коэффициент C_x возрастет на 4%

4.5. Исследование влияния подкапотного пространства на аэродинамический коэффициент C_x .

Моделирование модели автомобиля с подкапотным пространством является следующим шагом. Потoki воздуха, проходя через решетку радиатора и огибая агрегаты, попадают в подднищевую зону, тем самым значительно влияют на аэродинамику автомобиля.

В подкапотном пространстве были включены имитации: двигателя, радиатора, впускного коллектора, радиатора, коробки передач, соединительных элементов и выхлопной системы (рисунок 4.28).

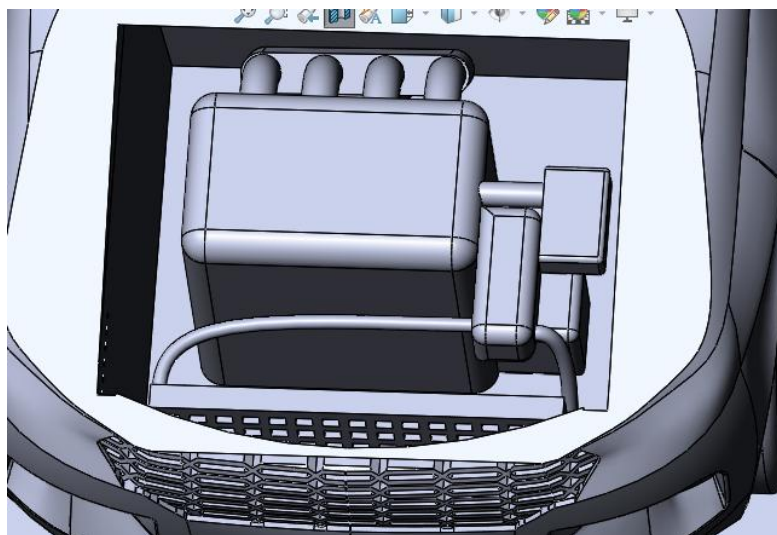


Рисунок 4.28– Подкапотное пространство.

Геометрия днища представлена на рисунке 4.29.

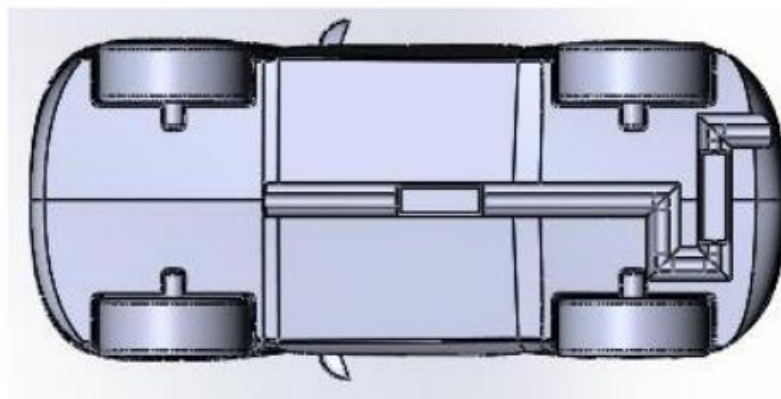


Рисунок 4.29– Днище автомобиля.

Подкапотное пространство оказывает влияние на скорости прохождения потоков воздуха, как под днищем модели автомобиля, так и над автомобилем. На рисунке 4.30 представлена картина давлений вдоль корпуса автомобиля по оси симметрии.

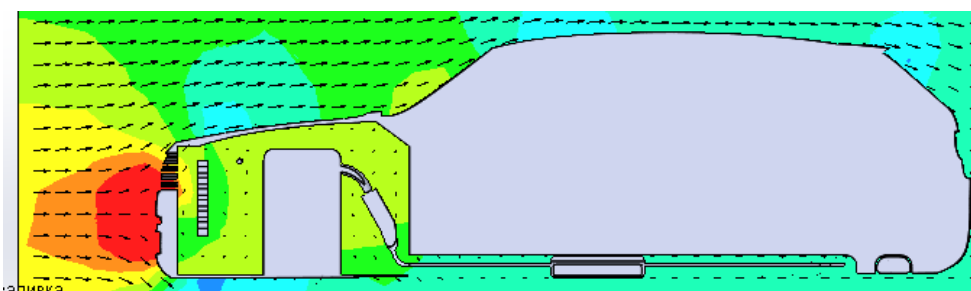


Рисунок 4.30– Картина давлений по оси симметрии.

По результатам аэродинамического исследования сила лобового сопротивления составила 435 Н., а коэффициент аэродинамического сопротивления C_x увеличился до 0,397.

4.6. Влияние отвода тепла с подкапотного пространства на аэродинамический коэффициент C_x .

Данная модель автомобиля была представлена как городской внедорожник, поэтому хорошее охлаждение ему крайне необходимо. Рассмотрим, как повлияет установка теплоотводящих отверстий в виде «жабр» в двух вариантах: на капоте (рисунок 4.31) и в передних крыльях(рисунок 4.32).

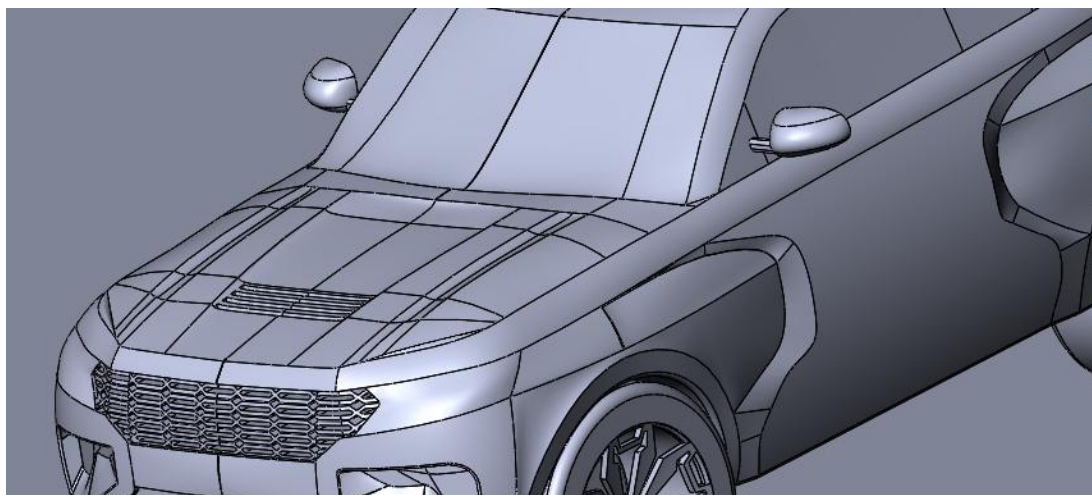


Рисунок 4.31–«Жабры» на капоте.



Рисунок 4.32–«Жабры» на переднем крыле.

После проведения аэродинамических исследований, получаем следующие результаты.

Поток воздуха, проходящий из отверстий в капоте, создает перед лобовым стеклом завихренность (рисунок 4.33), что вызывает повышение аэродинамического коэффициента C_x до 0,425.

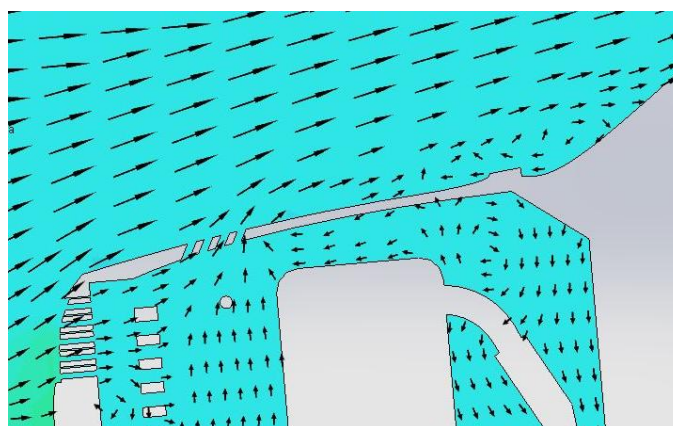


Рисунок 4.33–Прохождение воздуха через отверстия в капоте.

В случае установки теплоотводящих отверстий в передних крыльях, поток выходящего воздуха образует разрежение у двери автомобиля (рисунок 4.34), что вызывает повышение аэродинамического коэффициента C_x до 0,416.

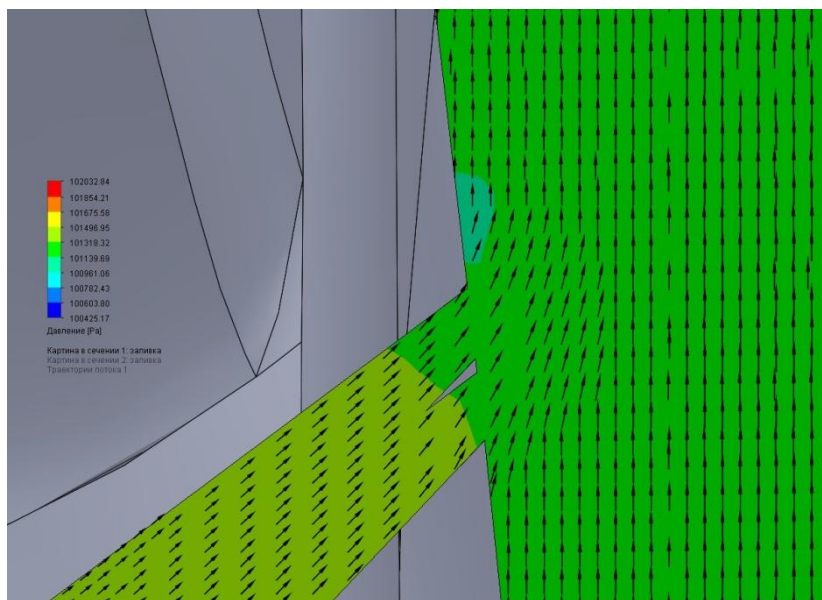


Рисунок 4.34–Прохождение воздуха через отверстия в крыле.

По результатам была построена гистограмма представленная на рисунке 4.35.

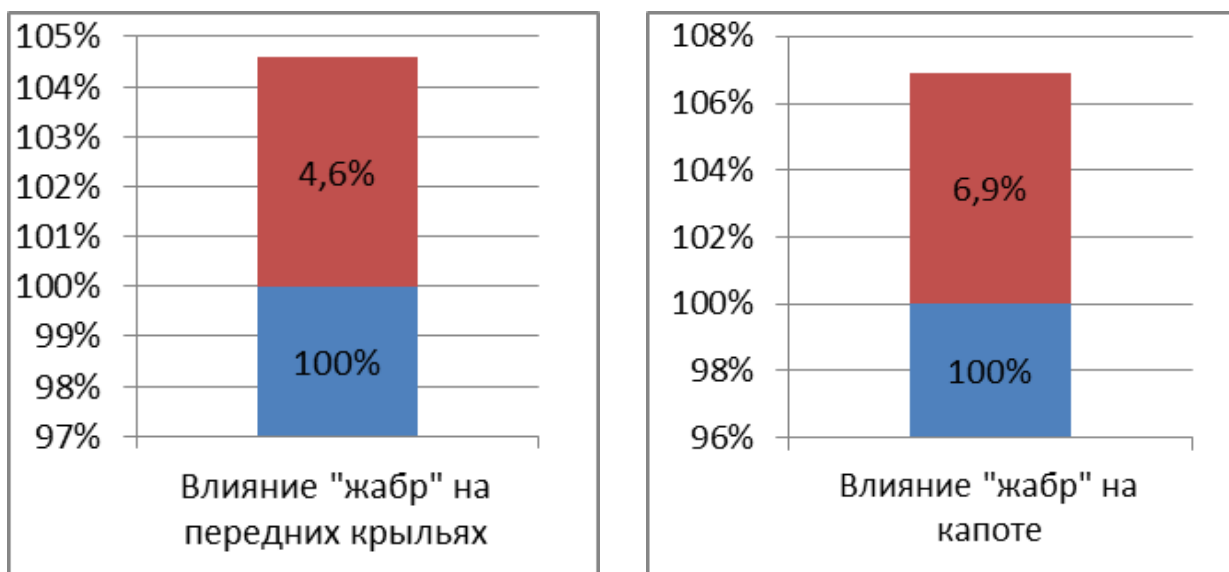


Рисунок 4.34–Гистограммы зависимостей от места установки.

Таким образом, отводящие отверстия в крыле менее пагубно влияют на аэродинамику автомобиля, а именно увеличивают коэффициент C_x на 4,6% вместо 6,9% с отверстиями в капоте.

Глава 5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ИНЖЕНЕРА-КОНСТРУКТОРА ПРИ РАБОТЕ НА ПЭВМ.

5.1. Воздействия опасных и вредных факторов на пользователя ПЭВМ.

В процессе проектирования и модернизации различных объектов, операторы (инженеры) используют современную вычислительную технику, которая различным образом влияет на здоровье человека. Это влияние называется производственным фактором. Всего существует два вида производственного фактора (опасный и вредный).

Опасный (травмирующий) фактор - отрицательное воздействие на человека, приводящее к его травме или летальному исходу.

Вредный фактор - отрицательное воздействие на человека, приводящее к ухудшению его самочувствия или заболеванию. [10]

При работе на ПК на пользователя постоянно или временно оказывают влияние следующие опасные и вредные факторы [11]:

Группа I (посвящена эргономике рабочего пространства):

- Нерациональная организация рабочего пространства;
- Длительное нахождение в одном положении и повторение одинаковых операций;
- Несоответствие эргономики оборудования и мебели нормам.

Группа II (учитывает психико-эмоциональные факторы):

- Нервно-эмоциональное стрессовое напряжение;
- Большой объем воспринимаемой и перерабатываемой информации;
- Умственные нагрузки, определяемые спецификой решаемых задач;

- Нервно-психическое напряжение.

Группа III (рассматривает нагрузку на зрение):

- Недостаточное искусственное освещение рабочего места;
- Недостаток или отсутствие естественного освещения рабочего пространства;
- Высокая пульсация (мерцание) светового потока;
- Высокая яркость света;
- Низкая контрастность.

Группа IV (учитывает физические нагрузки при рабочем процессе):

- Неправильное (в основном - слишком высокое) расположение рук;
- Интенсивная и длительная работа рук в ограниченном пространстве;
- Интенсивная и длительная работа рук в ограниченном пространстве;
- Частая нагрузка нажатием на клавиши;
- Постоянная нагрузка без нажатия на большой палец правой (для правой) руки.

Группа V (рассматривает влияние излучения):

- Высокий уровень ионизирующего излучения (рентгеновское и гамма-излучение);
- Широкий диапазон частот электромагнитных излучений;
- Широкий диапазон ультрафиолетового, инфракрасного и рентгеновского излучения;
- Появление на экране монитора статических зарядов,двигающих частички пыли к лицу пользователя.

Группа VI (рассматривает условия работы):

- Высокий уровень шума в рабочей зоне;
- Несоответствие параметров микроклимата нормам;
- Загрязнение воздуха в рабочем помещении вредными веществами, микроорганизмами, положительными аэроионами и пылью;

- Высокий уровень статического электричества как следствие плохой планировки помещения;

- Опасный уровень напряжения в сети;
- Возможность возникновения пожароопасной ситуации.

С течением времени, все выше перечисленные факторы вызывают проблемы со здоровьем человека и с психологическим состоянием человека.

В помещениях с ВДТ и ПЭВМ источниками шума являются сами вычислительные машины (встроенные в стойки ПЭВМ вентиляторы, принтеры и т.д.). [12]

Уровень шума, создаваемый вентиляторами блока питания и системы охлаждения процессора, постоянен в течение всего рабочего дня (колебания незначительны). Также источником шума является различная оргтехника. [13]

Шум - это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм оператора, мешающих его работе и отдыху. В качестве основной характеристики шума на рабочих местах, приняты уровни звуковых давлений в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. [12]

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. [13]

5.2. Требования к шуму окружающей среды рабочего места оператора ПЭВМ.

В ГОСТ Р 50923-96 содержатся требования к шуму. [14]

Уровень шума на рабочем месте оператора не должен превышать значений, указанных в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Уровни допустимого шума.

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука и эквивалентный уровень звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Оргтехнику следует устанавливать на звукопоглощающей поверхности автономно от рабочего места оператора.

Уровень шума на рабочем месте оператора при работающем печатающем оборудовании не должен превышать значений, указанных в таблице 5.2.

Таблица 5.2. – Уровни допустимого шума с оргтехникой.

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука и эквивалентный уровень звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

5.3. Оценка соответствия используемого рабочего места.

Дипломное проектирование проходило в аудитории 5016, принадлежащей кафедре «Автомобили». Данная аудитория послужит объектом анализа.

Фото помещения и его схема представлены на рисунках 5.1-5.3. Компоновка рабочего стола представлена на рисунке 5.4.



Рисунок 5.1 – Фото кабинета 5016



Рисунок 5.2 – Фото кабинета 5016

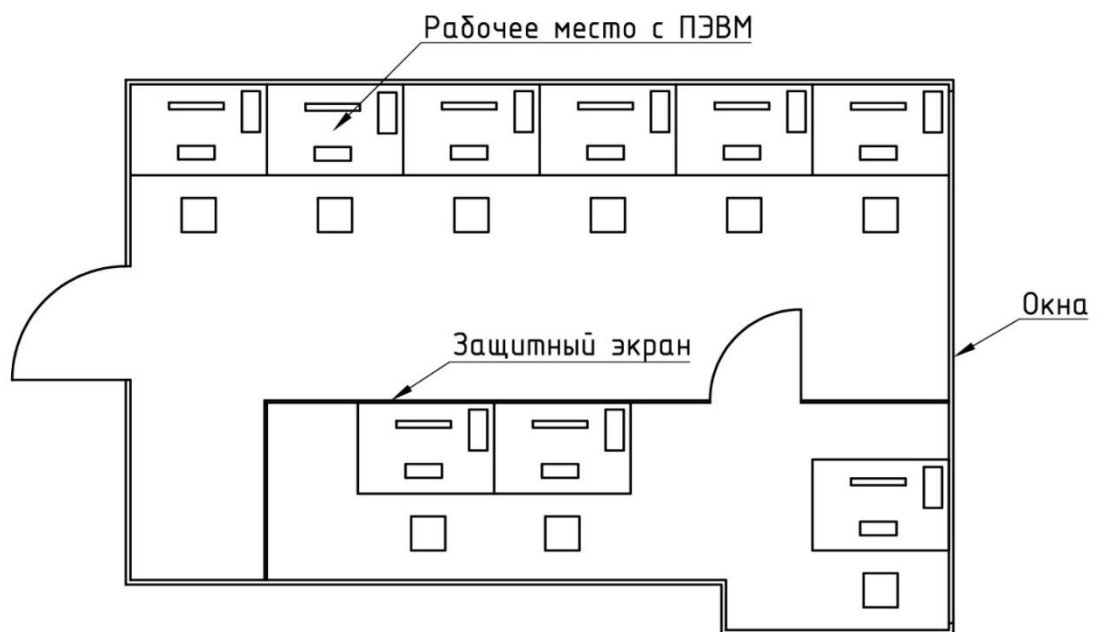


Рисунок 5.3 – Схема кабинета 5016

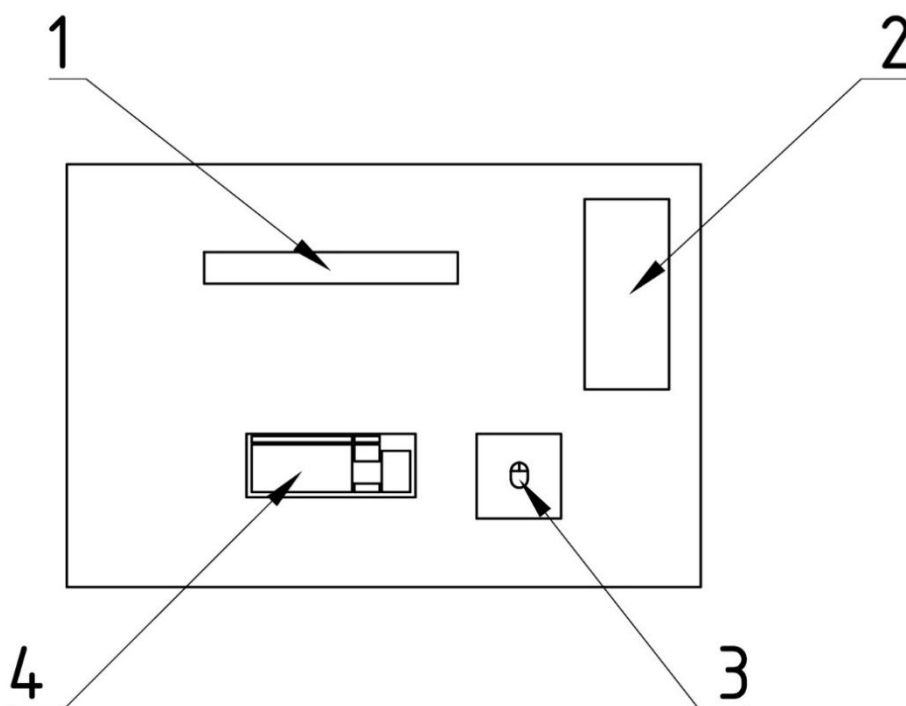


Рисунок 5.4 – Компонировка рабочего места

1 – монитор, 2 – системный блок, 3 – мышь, 4 - клавиатура

Расчётная точка находится на рабочем месте, расположенном за компьютером между двух других компьютеров, где ожидается наибольший уровень звука от совокупности источников шума объекта.

Значения коэффициента звукопоглощения подвесного потолка и оштукатуренных кирпичных стен представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Коэффициенты звукопоглощения поглощения.

Тип поглощающей поверхности	Значения в октавных полосах частот							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Подвесной потолок	0,2	0,4	0,8	0,92	0,8	0,92	1	0,98
Оштукатуренная поверхность/линолеум	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07

Октавные уровни звукового давления L в дБ в расчетной точке соразмерных помещений (с отношением наибольшего геометрического размера к наименьшему не более 5) при работе одного источника шума определяются по формуле

$$L = L_p + 10 \lg \left(\frac{\Phi \chi}{\Omega \cdot r^2} + \frac{4}{k \cdot B} \right); \quad (5.1)$$

где L_p - октавный уровень звуковой мощности одного источника шума в дБ;

Φ - фактор направленности при излучении шума, безразмерный. Для источников шума с равномерным излучением звука следует принимать $\Phi = 1$;

χ - коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля (для нашего случая ($r/l_{\max} \geq 2$) принимаем $\chi=1$);

r - расстояние от середины источника шума до контрольной точки, м (в нашем случае $r \geq 2$ м);

Ω - пространственный угол излучения источника (для двухгранного угла $\Omega=\pi$);

B - акустическая постоянная помещения в м^2 . Постоянную помещения B в м^2 в октавных полосах частот определяется по формуле

$$B = \frac{A}{1 - \alpha_{\text{ср}}}, \quad (5.2)$$

где A - эквивалентная площадь звукопоглощения, м^2 , определяемая по формуле

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i + \sum_{j=1}^m A_j \cdot n_j, \quad (5.3)$$

где α_i - коэффициент звукопоглощения i -той поверхности;

S_i - площадь i -той поверхности, м^2 ;

A_j – эквивалентная площадь звукопоглощения j -того штучного поглотителя, m^2 ;

n_j – количество штучных поглотителей j -того типа, шт.

α_{cp} – средний коэффициент звукопоглощения, определяемый по формуле

$$\alpha_{cp} = \frac{A}{S_{огр}}, \quad (5.4)$$

где $S_{огр}$ – суммарная площадь ограждающих поверхностей помещения, m^2 .
[15]

Расстояния от источников шума до расчётной точки, необходимые для дальнейших расчётов сведены в табл. 8.2.

Таблица 5.3. – Расстояние от источника шума до расчётной точки

Источник шума	Расстояние от источника шума до расчётной точки, м
Компьютер №1	0,8
Компьютер №2	0,5
Компьютер №3	1,0

В таблицах 5.4 - 5.6 представлены расчёты звуковой мощности.

Таблица 5.4 – Уровень звука в расчетной точке от компьютера №1

	Октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звуковой мощности источника шума, дБ	22	10,5	14,5	16	19	19,0	17	11
Расстояние г до РТ, м	0,8							
Длина помещения, м	4,5							
Ширина помещения, м	3							
Высота помещения, м	3							
Площадь потолка, м²	13,5							
Суммарная площадь помещения, м²	72,0							
Коэф. звукопоглощения потолка	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07
Коэф. звукопоглощения стен и пола	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07
Эквив. площадь звукопоглощения штучных поглотителей, м ²	0,51	1,08	1,41	1,57	1,56	1,50	1,38	1,32
Эквив. площадь звукопоглощения, м ²	3,9	5,0	5,7	6,0	7,4	7,3	7,1	7,7
Средний коэф. звукопоглощения	0,05	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,11
Акустическая постоянная помещения, м ²	4,1	5,4	6,2	6,6	8,3	8,1	7,9	8,6
Коэф. К	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Звуковое давление у расчётной точки, дБ	23,5	11,2	14,8	16,2	18,7	0,0	16,8	10,6
Норма, дБ	71	61	54	49	45	42	40	38
Превышение, дБ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Уровень звука, дБА	22,3							
Норма, дБА	50,0							
Превышение, дБА	0,0							

Таблица 5.5 – Уровень звука в расчетной точке от компьютера №2

	Октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звуковой мощности источника шума, дБ	22	10,5	14,5	16	19	19	17	11
Расстояние г до РТ, м	0,5							
Длина помещения, м	4,5							
Ширина помещения, м	3							
Высота помещения, м	3							
Площадь потолка, м²	13,5							
Суммарная площадь помещения, м²	72,0							
Коэф. звукопоглощения потолка	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07
Коэф. звукопоглощения стен и пола	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07
Эквив. площадь звукопоглощения штучных поглотителей, м ²	0,51	1,08	1,41	1,57	1,56	1,50	1,38	1,32
Эквив. площадь звукопоглощения, м ²	3,9	5,0	5,7	6,0	7,4	7,3	7,1	7,7
Средний коэф. звукопоглощения	0,05	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,11
Акустическая постоянная помещения, м ²	4,1	5,4	6,2	6,6	8,3	8,1	7,9	8,6
Коэф. К	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Звуковое давление у расчётной точки, дБ	25,4	13,4	17,2	18,6	21,3	0,0	19,4	13,3
Норма, дБ	71	61	54	49	45	42	40	38
Превышение, дБ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Уровень звука, дБА	24,9							
Норма, дБА	50,0							
Превышение, дБА	0,0							

Таблица 5.6 – Уровень звука в расчетной точке от компьютера №3

	Октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звуковой мощности источника шума, дБ	22	10,5	14,5	16	19	19	17	11
Расстояние r до РТ, м	1							
Длина помещения, м	4,5							
Ширина помещения, м	3							
Высота помещения, м	3							
Площадь потолка, м²	13,5							
Суммарная площадь помещения, м²	72,0							
Коэф. звукопоглощения потолка	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07
Коэф. звукопоглощения стен и пола	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07
Эквив. площадь звукопоглощения штучных поглотителей, м ²	0,51	1,08	1,41	1,57	1,56	1,50	1,38	1,32
Эквив. площадь звукопоглощения, м ²	3,9	5,0	5,7	6,0	7,4	7,3	7,1	7,7
Средний коэф. звукопоглощения	0,05	0,07	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,11
Акустическая постоянная помещения, м ²	4,1	5,4	6,2	6,6	8,3	8,1	7,9	8,6
Коэф. К	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Звуковое давление у расчётной точки, дБ	22,9	10,5	14,1	15,4	17,7	17,8	15,9	9,6
Норма, дБ	71	61	54	49	45	42	40	38
Превышение, дБ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Уровень звука, дБА	23,3							
Норма, дБА	50,0							
Превышение, дБА	0,0							

Итоговые результаты расчёта уровней звука в расчётной точке приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Уровень звука в расчетной точке от компьютеров

Источник шума	Уровень звука в контрольной точке, дБА	Норма День, дБА	Режим работы компьютера
Компьютер №1	22,3	50	День
Компьютер №2	24,9	50	День
Компьютер №3	23,3	50	День

Исходя из таблицы 5.7, Все компьютеры укладываются в норматив.

Для учёта совместного шумового воздействия всех источников шума следует определить суммарный уровень звука в расчётной точке.

Уровни звука LA в дБА в расчетной точке при наличии нескольких источников шума следует определять от каждого источника шума в отдельности и полученные величины суммировать (по энергии) в соответствии с СП 51.13330.2011.

Результаты расчёта суммарных уровней звука в расчётной точке представлены в табл. 8.9.

Таблица 5.8 – Суммарный уровень звука в расчетной точке.

Источник .компьютер №2	24,9
Источник .компьютер №3	23,3
Разница	1,6
Поправка	2,3
Сумма	27,2
Источник .компьютер №1	22,3
Разница	4,9
Поправка	1,2
Сумма	28,4
Суммарный уровень шума, дБА	
28,4	

Исходя из таблицы 5.8. суммарный уровень шума соответствует нормативу и составляет 28,4 дБА.

Вывод:

Расчетами установлено, что место дипломного проектирования соответствует необходимым требованиям по уровню шуму.

Глава 6. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

6.1. Расчет затрат на компьютерные испытания

6.1.1. Материальные затраты

Расчёт материальных затрат проведён при 247 рабочих днях в году.

Годовые затраты на теплоснабжение определены в соответствии с информацией Городского центра начисления коммунальных платежей.

Стоимость тепловой энергии на отопление помещения, руб:

$$C_{\text{теп}} = n \times C_{\text{уд}} \times S \times \tau; \quad (6.1)$$

где n – количество месяцев в периоде;

$C_{\text{уд}}$ – норматив потребления отопления, Гкал/м²;

S – площадь отапливаемого помещения;

τ – тариф на тепловую энергию.

Исходные данные и результаты расчёта годовой стоимости тепловой энергии на отопление помещения оформлены в виде таблицы 6.1.

Таблица 6.1 - Годовая стоимость тепловой энергии на отопление

Период года	Количество месяцев	Площадь, м ²	Норматив потребления отопления, Гкал/м ²	Тариф на тепловую энергию, руб/Гкал	Стоимость тепловой энергии на отопление, руб
Январь-апрель	4	18	0,0366	1 864,30	4 913
Май	1		0,0122	1 864,30	409
Октябрь	1		0,0322	1 929,41	1 118
Ноябрь-декабрь	2		0,0366	1 929,41	2 542
Итого	-		-	-	8 983

Информация о тарифах на электроэнергию предоставлена организацией Мосэнергосбыт.

Годовые затраты на электроэнергию (при 8-часовом рабочем дне), руб:

$$C_{\text{эл}} = 247 \times N \times t \times \tau; \quad (6.2)$$

где N – потребляемая мощность потребителя;

t – время работы потребителя в течение рабочего дня, ч;

τ – тариф на электрическую энергию, руб/кВт.

Исходные данные и результаты расчёта затрат на электроэнергию оформлены в виде таблицы 6.2.

Таблица 6.2 - Годовые затраты на электроэнергию

Наименование потребителя	Мощность, кВт	Время работы в течение рабочего дня, ч	Тариф на электроэнергию, руб/кВт	Затраты на электроэнергию, руб
Освещение	0,15	8	5,66	1 678
Системный блок	0,15	8		1 678
Монитор	0,1	8		1 118
Принтер (МФУ)	0,1	0,5		70
Плоттер	0,15	0,2		42
Итого	-	-		-

Для определения величины затрат на материалы и покупные изделия использовались данные о стоимости товаров в магазинах М.Видео (электроника, компьютеры и оргтехника), ИКЕА (офисная мебель), Комус (канцелярские принадлежности).

Затраты на покупку товаров, руб:

$$C_m = C_{\text{изд}} \times n; \quad (6.3)$$

где $C_{\text{изд}}$ – стоимость одного покупного предмета;

n – количество покупных предметов определённого типа.

Исходные данные и результаты расчёта затрат на покупные изделия и материалы оформлены в виде таблицы 6.3.

Таблица 6.3 - Затраты на покупные изделия

Наименование изделия	Стоимость изделия, руб	Количество изделий, шт	Стоимость набора изделий, руб
Системный блок	70 000	1	70 000
Монитор	10 000	1	10 000
Клавиатура	2 000	1	2 000
Компьютерная мышь	500	1	500
Принтер (МФУ)	15 000	1	15 000
Плоттер	50 000	1	50 000
Стол офисный	25 000	1	25 000
Кресло офисное	8 000	1	8 000
Канцтовары	6 000	1	6 000
Бумага (в упаковке по 500 листов)	300	5	1 500
Итого	-	-	188 000

6.1.2. Расходы на оплату труда

В работе над проектом непосредственно принял участие 1 человек, по совместительству выполнивший все административные и вспомогательные работы. Привлечение дополнительного вспомогательного рабочего для обслуживания оргтехники и выполнения административных работ сочтено нецелесообразным ввиду предполагаемого малого объёма работ такого вида.

Годовой фонд заработной платы (руб) рассчитан упрощённо:

$$C_{зп} = 12 \times C_{ок} \times n; \quad (6.4)$$

где $C_{ок}$ – величина месячного оклада, руб;

n – количество рабочих.

Годовые расходы на оплату труда оформлены в виде таблицы 6.4.

Таблица 6.4 - Годовые расходы на оплату труда

Работник	Месячный оклад, руб	Количество, чел	Расходы на оплату труда, руб
Оператор ПЭВМ	60 000	1	720 000

6.1.3. Начисление амортизации

Амортизация начисляется на основные фонды, находящиеся в собственности организации, имеющие среднюю стоимость не менее 100 тыс. рублей и срок эксплуатации не менее 12 месяцев. В соответствии с этими требованиями амортизация начислена на здание, находящееся в собственности организации и имеющее срок полезного использования 100 лет (X амортизационная группа). Выбран линейный метод начисления амортизации.

Годовая норма амортизации:

$$k = \frac{1}{n} \times 100\%; \quad (6.5)$$

где n – срок полезного использования, лет.

Годовая амортизация:

$$C_{\text{ам}} = k \times C_{\text{нач}}; \quad (6.6)$$

где $C_{\text{нач}}$ – начальная стоимость объекта.

Исходные данные и результаты расчётов амортизационных начислений оформлены в виде таблицы 6.5.

Таблица 6.5. Годовые затраты на амортизацию основных фондов

Объект	Первоначальная стоимость, руб	Срок полезного использования, лет	Годовая норма амортизации, %	Годовая амортизация, руб
Здание	2 500 000	40	2,5	62 500

6.1.4. Прочие статьи расходов

В смету затрат включены страховые взносы (в размере 30% от фонда заработной платы), страховые взносы на мероприятия по предотвращению травматизма (0,7% от фонда заработной платы), расходы на рекламу, налог на недвижимое имущество (в размере 2,2% от средней стоимости имущества).

Величина страховых взносов, руб:

$$C_{\text{бж}} = 0,3 \times C_{\text{зп}}; \quad (6.7)$$

где $C_{\text{зп}}$ – фонд фиксированной заработной платы.

Величина отчислений на мероприятия по предотвращению производственного травматизма, руб:

$$C_{\text{тр}} = 0,007 \times C_{\text{зп}}; \quad (6.8)$$

где $C_{\text{зп}}$ – фонд фиксированной заработной платы.

Затраты на рекламу приняты на уровне 30 000 руб, что соответствует характеру деятельности предприятия.

Величина налога на недвижимое имущество, руб:

$$C_{\text{им}} = 0,022 \times \frac{2C_{\text{нач}} - A_{\text{год}}}{2}; \quad (6.9)$$

где $C_{\text{нач}}$ – начальная стоимость недвижимого имущества, облагаемого налогом; $A_{\text{год}}$ – годовая амортизация.

Оргтехника не облагается имущественным налогом.

Затраты на ремонт помещения в настоящей работе не учтены. Затраты на телефонию и услуги интернет-провайдера отнесены к прочим затратам.

Стоимость программного обеспечения Dassault Systemes SolidWorks Premium составляет 588 420 руб, в соответствии с лицензионным соглашением. Срок действия соглашения – бессрочно.

Исходные данные и результаты расчётов величины прочих затрат оформлены в виде таблицы 6.6.

Таблица 6.6 - Прочие статьи расходов

Статья расходов	Величина расходов, руб
Страховые взносы	216 000
Предотвращение травматизма	5 040
Реклама	30 000
Налог на имущество	54 313
Программное обеспечение	588 420

Прочее	50 000
Итого	943 773

6.1.5. Смета на создание проекта

Общие затраты на создание проекта оформлены в виде Таблицы 6.7.

Таблица 6.7 - Смета затрат

Статья расходов	Величина годовых расходов, руб	Величина суточных расходов, руб
I. Материальные затраты		
Теплоэнергия	8 983	36
Электроэнергия	4 586	19
Покупные изделия	188 000	761
Итого	201 568	816
II. Фонд оплаты труда		
Затраты на оплату труда специалистов	720 000	2915
Итого	720 000	2 915
III. Амортизационные отчисления		
Амортизация помещения	62 500	253
Итого	62 500	253
IV. Прочие расходы		
Страховые взносы	216 000	874
Мероприятия по предотвращению травматизма	5 040	20
Реклама	30 000	121

Налог на имущество	54 313	220
Программное обеспечение	588 420	2 382
Прочее	50 000	202
Итого	943 773	3 821
Всего	1 927 841	7 805

6.2. Определение себестоимости стендовых испытаний

6.2.1. Материальные затраты

Расчёт материальных затрат проведён при 247 рабочих днях в году.

В настоящем дипломном проекте сделано допущение о том, что аэродинамическая труба это единый комплекс.

Годовые затраты на теплоснабжение определены в соответствии с информацией Городского центра начисления коммунальных платежей.

Стоимость тепловой энергии на отопление помещения, руб:

$$C_{\text{теп}} = n \times C_{\text{уд}} \times S \times \tau; \quad (6.10)$$

где n – количество месяцев в периоде;

$C_{\text{уд}}$ – норматив потребления отопления, Гкал/м²;

S – площадь отапливаемого помещения;

τ – тариф на тепловую энергию.

Исходные данные и результаты расчёта годовой стоимости тепловой энергии на отопление помещения оформлены в виде Таблицы 6.8.

Таблица 6.8 - Годовая стоимость тепловой энергии на отопление

Период года	Количество месяцев	Площадь, м ²	Норматив потребления отопления, Гкал/м ²	Тариф на тепловую энергию, руб/Гкал	Стоимость тепловой энергии на отопление, руб
Январь-апрель	4	26	0,0366	1 864,30	7 096
Май	1		0,0122	1 864,30	591
Октябрь	1		0,0322	1 929,41	1 615
Ноябрь-декабрь	2		0,0366	1 929,41	3 672
Итого	-		-	-	12 975

Информация о тарифах на электроэнергию предоставлена организацией Мосэнергосбыт. В настоящем дипломном проекте сделано допущение о том, что большее помещение требует увеличения количества осветительных приборов.

Годовые затраты на электроэнергию (при 8-часовом рабочем дне), руб:

$$C_{эл} = 247 \times N \times t \times \tau; \quad (6.11)$$

где N – потребляемая мощность потребителя;

t – время работы потребителя в течение рабочего дня, ч;

τ – тариф на электрическую энергию, руб/кВт.

Исходные данные и результаты расчёта затрат на электроэнергию оформлены в виде таблицы 6.9.

Таблица 6.9 - Годовые затраты на электроэнергию

Наименование потребителя	Мощность, кВт	Время работы в течение рабочего дня, ч	Тариф на электроэнергию, руб/кВт	Затраты на электроэнергию, руб
Освещение	0,15	8	5,66	1 678
Аэродинамическая труба	1000	3		4 194 060
Компьютер	0,3	0,5		210
Итого	-	-	-	4 195 947

Затраты на покупные предметы, руб:

$$C_m = C_{\text{изд}} \times n; \quad (6.12)$$

где $C_{\text{изд}}$ – стоимость одного покупного предмета;

n – количество покупных предметов определённого типа.

Исходные данные и результаты расчёта затрат на покупные предметы и материалы оформлены в виде таблицы 6.10.

Таблица 6.10 - Затраты на покупные изделия

Наименование изделия	Стоимость изделия, руб	Количество изделий, шт	Стоимость набора изделий, руб
Компьютер	60 000	1	60 000
Принтер (МФУ)	10 000	1	10 000
Стол	10 000	1	10 000
Кресло	4 000	1	4 000

Канцтовары	2 000	1	2 000
Бумага (в упаковке по 500 листов)	300	8	2 400
Итого	-	-	88 400

6.2.2. Расходы на оплату труда

В проведении испытания непосредственно принимает участие 1 человек. Кроме того, наличие стенда требует привлечения вспомогательного рабочего для обслуживания испытательной установки.

Годовой фонд заработной платы (руб) рассчитан упрощённо:

$$C_{зп} = 12 \times C_{ок} \times n; \quad (6.13)$$

где $C_{ок}$ – величина месячного оклада, руб;

n – количество рабочих.

Годовые расходы на оплату труда оформлены в виде таблицы 6.11.

Таблица 6.11 - Годовые расходы на оплату труда

Работник	Месячный оклад, руб	Количество, чел	Расходы на оплату труда, руб
Оператор аэродинамической трубы	70 000	1	840 000
Вспомогательный рабочий	40 000	1	480 000
Итого	-	-	1 320 000

6.2.3. Начисление амортизации

Амортизация начисляется на основные фонды, находящиеся в собственности организации, имеющие среднюю стоимость не менее 100 тыс. рублей и срок эксплуатации не менее 12 месяцев. В соответствии с этими требованиями амортизация начислена на аэродинамическую трубу. Выбран линейный метод начисления амортизации.

Годовая норма амортизации:

$$k = \frac{1}{n} \times 100\%; \quad (6.14)$$

где n – срок полезного использования, лет.

Годовая амортизация:

$$C_{\text{ам}} = k \times C_{\text{нач}}; \quad (6.15)$$

где $C_{\text{нач}}$ – начальная стоимость объекта.

Исходные данные и результаты расчётов амортизационных начислений оформлены в виде таблицы 6.12.

Таблица 6.12 - Годовые затраты на амортизацию основных фондов

Объект	Первоначальная стоимость, руб	Срок полезного использования, лет	Годовая норма амортизации, %	Годовая амортизация, руб
Аэродинамическая труба	60 000 000	15	6,67	4 000 000
Итого	60 000 000	-	-	4 000 000

6.2.4. Прочие статьи расходов

В смету затрат включены страховые взносы (в размере 30% от фонда заработной платы), страховые взносы на мероприятия по предотвращению травматизма (0,7% от фонда заработной платы), расходы на рекламу, налог на недвижимое имущество (в размере 2,2% от первоначальной стоимости имущества).

Величина страховых взносов, руб:

$$C_{\text{бж}} = 0,3 \times C_{\text{зп}}; \quad (6.16)$$

где $C_{\text{зп}}$ – фонд фиксированной заработной платы.

Величина отчислений на мероприятия по предотвращению производственного травматизма, руб:

$$C_{\text{тр}} = 0,007 \times C_{\text{зп}}; \quad (6.17)$$

где $C_{\text{зп}}$ – фонд фиксированной заработной платы.

Затраты на рекламу приняты на уровне 20 000 руб, что соответствует характеру деятельности предприятия.

Величина налога на недвижимое имущество, руб:

$$C_{\text{им}} = 0,022 \times \frac{2C_{\text{нач}} - A_{\text{год}}}{2}; \quad (6.18)$$

где $C_{\text{нач}}$ – начальная стоимость недвижимого имущества, облагаемого налогом;

$A_{\text{год}}$ – годовая амортизация.

Затраты на ремонт помещения в настоящей работе не учтены. Затраты на телефонию и услуги интернет-провайдера отнесены к прочим затратам.

Исходные данные и результаты расчётов величины прочих затрат оформлены в виде таблицы 6.13.

Таблица 6.13 - Прочие статьи расходов

Статья расходов	Величина расходов, руб
Страховые взносы	396 000
Предотвращение травматизма	9 240
Реклама	20 000
Налог на имущество	1 276 000
Прочее	120 000
Итого	1 821 240

Общие затраты на создание проекта оформлены в виде таблицы 6.14.

Таблица 6.14 - Смета затрат

Статья расходов	Величина годовых расходов, руб	Величина суточных расходов, руб
I. Материальные затраты		
Теплоэнергия	12 975	53
Электроэнергия	4 195 947	16 988
Покупные изделия	88 400	358
Итого	4 297 322	17 398
II. Фонд оплаты труда		
Затраты на оплату труда специалистов	840 000	3 401
Затраты на оплату труда ВОП	480 000	1 943

Итого	1 320 000	5 344
III. Амортизационные отчисления		
Амортизация помещения	-	-
Амортизация оборудования	4 000 000	16 194
Итого	4 000 000	16 194
IV. Прочие расходы		
Страховые взносы	396 000	1 603
Мероприятия по предотвращению травматизма	9 240	37
Реклама	20 000	81
Налог на имущество	1 276 000	5 166
Прочее	120 000	486
Итого	1 821 240	7 373
Всего	11 438 562	46 310

6.3. Сравнительная таблица затрат на компьютерные и стендовые испытания

Сравнение затрат на различные виды испытаний проводилось по величине суточных затрат.

Таблица 6.15 - Сравнение суточных затрат

Статья расходов	Затраты на компьютерные испытания, руб	Затраты на стендовые испытания, руб
I. Материальные затраты		
Теплоэнергия	36	53
Электроэнергия	19	16 988
Покупные изделия	761	358
Итого	816	17 398
II. Фонд оплаты труда		
Затраты на оплату труда специалистов	2 915	3 401
Затраты на оплату труда ВОП	-	1 943
Итого	2 915	5 344
III. Амортизационные отчисления		
Амортизация помещения	253	-
Амортизация оборудования	-	16 194
Итого	253	16 194
IV. Прочие расходы		
Страховые взносы	874	1 603
Мероприятия по предотвращению травматизма	20	37
Реклама	121	81
Налог на имущество	220	5 166

Программное обеспечение	2 382	-
Прочее	202	486
Итого	3 821	7 373
Всего	7 805	46 310

Вывод: Таким образом, затраты на компьютерные испытания в 5,9 раз ниже затрат на стендовые испытания. Это обусловлено гораздо меньшей стоимостью оборудования для испытаний в виртуальной среде и стоимостью программного обеспечения по сравнению с затратами на покупку и амортизацию испытательного стенда. К тому же, при проведении испытаний на ПК снижается площадь эксплуатируемого помещения, а следовательно и затраты на коммунальные платежи и аренду/амортизацию. При этом стендовые испытания требуют наличие вспомогательного рабочего, что также увеличивает итоговые затраты на реальные испытания.

Заключение.

Рассмотренная методика поверхностного и твердотельного моделирования в программном комплексе SOLIDWORKS позволяет создать модель перспективного автомобиля с геометрическими характеристиками, необходимыми для аэродинамических исследований в подпрограмме Flow Simulation.

При исследовании аэродинамических характеристик трехмерных моделей различных конфигураций был выявлен характер изменения коэффициента аэродинамического сопротивления C_x .

- Модель без подкапотного пространства $C_x=0,383$;
- Модель с подкапотным пространством $C_x=0,397$;

Аэродинамический коэффициент можно понизить, в случае отсутствия углублений в бампере на 1,2%, а если и при отсутствии «х – образного рельефа» на боковой части автомобиля, то в сумме коэффициент возможно понизить на 3,6%.

В случае необходимости, оптимальный отвод тепла из отверстий, установленных в передних крыльях, при этом коэффициент C_x увеличивается на 5% и станет численно равен 0,416.

Компьютерные исследования дешевле в 5,9 раза по сравнению с испытаниями в аэродинамической трубе, но доводочные испытания первой партии необходимо проводить аэродинамической трубе.

Список литературы

1. Автомобили. Конструкция и рабочие процессы : учебник для вузов / А.М. Иванов, С.Н. Иванов, Н.П. Квасновская, В.Б. Кучер, А.Н. Нарбут, В.И. Осипов, А.И. Попов, А.Н. Солнцев; под ред. В.И. Осипова. – М.: Академия, 2012. – 337 с.
2. Алямовский, А.А. Компьютерное моделирование в современной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 1042 с.
3. Осипов, В.И. Методические указания к расчетным работам по теме «Рабочие процессы и расчет агрегатов автомобиля». В 5 ч. Ч. 3. Проектирование ведущих мостов автомобилей / В.И. Осипов, Д.М. Прохоров, М.А. Тимохин. – М.: МАДИ, 2016. – 45 с.
4. Осипов, В.И. Методические указания к расчетным работам по теме «Рабочие процессы и расчет агрегатов автомобиля». В 5 ч. Ч. 2. Трансмиссия / В.И. Осипов, М.С. Камитов, И.А. Карпов. – М.: МАДИ, 2015. – 88 с.
5. Автомобили: Теория эксплуатационных свойств: учебник для вузов / А.М. Иванов, А.Н. Нарбут, А.С. Паршин [и др.]; под ред. А.М. Иванова. – М.: Академия, 2013. – 176 с.
6. Евграфов, А.Н. Аэродинамика автомобиля: учебное пособие / А.Н. Евграфов. – М.: МГИУ, 2010. – 356 с.
7. Осипов, В.И. Компьютерные технологии при проектировании и аэродинамических исследованиях легкового автомобиля: учеб. пособие / В.И. Осипов, П.С. Михеев, И.Г. Маренков. – М.: МАДИ, 2018. – 106 с.
8. Гетия И.Г. Безопасность при работе на ПЭВМ. – М.: МГАПИ, 2005, 73 с.
9. Артанова Л.И., Самохвалова Ж.П. Методические указания к выполнению курсовой работы «Эффективность, экономика сферы сервиса и основы предпринимательства» - М.: 2010 – 28 с.
10. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко; Национальный исследовательский Томский

политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 144 с.

11. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

12. https://studbooks.net/2144831/informatika/vliyanie_shuma_rabotu_operatora

13. <https://studentopedia.ru/informatika/mikroklimat-rabochej-zoni-operatora-pevm--vozdejstvie-shuma-na-operatora-pevm---razrabotka.htm>

14. ГОСТ Р 50923-96

15. СП 51.13330.2011

16. <http://autoleek.ru/nesushhaja-sistema/kuzov-avtomobilja>

17. <https://userdocs.ru/matematika/12141/index.html?page=5>

18. <http://na-zavode.ru/2020-04-14-aerodinamicheskaya-truba-gordost-injenerov-avtovaza/>

19. <https://studfile.net/preview/2983861/page:2/>

20. <https://www.drive2.ru/b/547958663206143288/>

21. <https://www.mosenergobyt.ru/>

22. <https://www.mvideo.ru/products/sistemnyi-blok-igrovoi-hp-pavilion-gaming-tg01-1035ur-3a8n6ea-30055571>

23. <https://www.mvideo.ru/products/monitor-philips-241v8la-00-30055554>

24. <https://www.mvideo.ru/products/klaviatura-red-square-tesla-tkl-rgb-rsq-20008-50052668>

25. <https://www.mvideo.ru/products/mysh-provodnaya-acer-omw020-50143072>

26. <https://www.mvideo.ru/products/struinoe-mfu-hp-smart-tank-516-aio-3yw70a-30049195>

27. <https://www.mvideo.ru/products/shirokoformatnyi-printer-hp-designjet-t230-24-5hb07a-30054600>

28. <https://www.ikea.com/ru/ru/p/fredde-fredde-geymerskiy-stol-chernyy-00384786/>

29. <https://www.ikea.com/ru/ru/p/skruvsta-skruvsta-rabochiy-stul-visle-seryy-10384352/>
30. <https://www.solidworks.com/ru/how-to-buy>



МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

Кафедра «Автомобили»

Аэродинамические исследования перспективной модели автомобиля «Нива».

Студент: Зуев О.Д., гр. 5А3
Руководитель: проф. Осипов В.И.

МОСКВА 2021

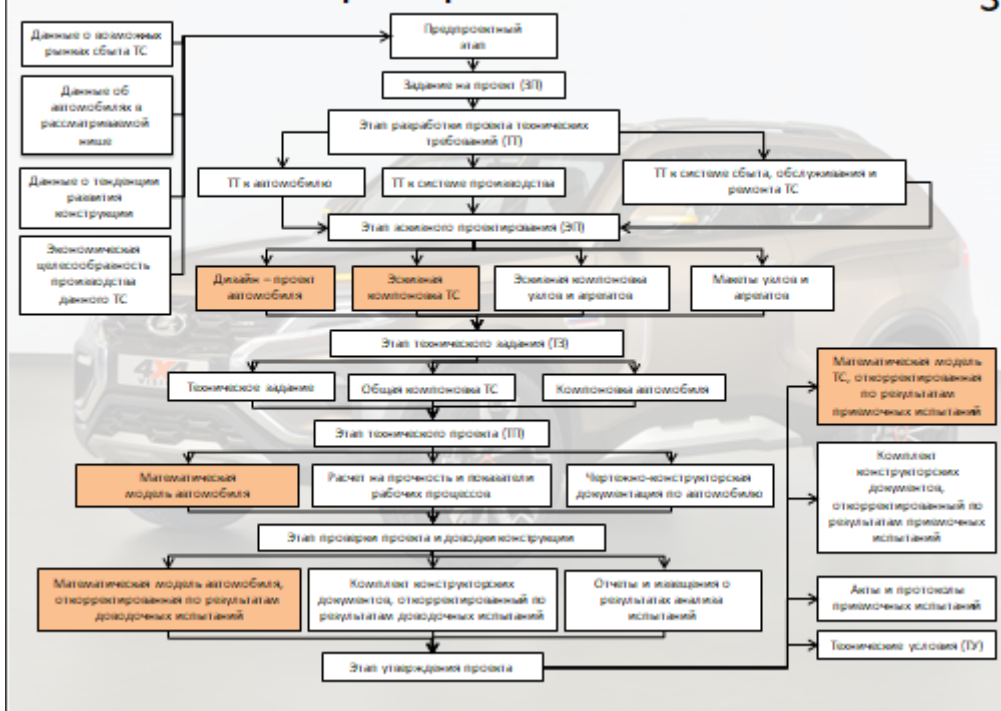
2

Цели проектирования

- Моделирование кузова концептуальной модели легкового автомобиля «Нива» инструментами 3-D моделирования в программном ресурсе SolidWorks.
- Исследование аэродинамических свойств модели кузова автомобиля в подпрограмме SolidWorks Flow Simulation.

Этапы проектирования автомобиля

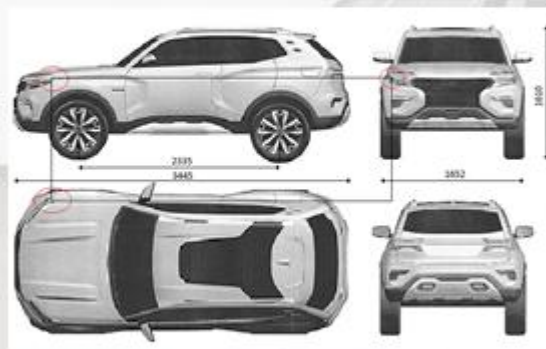
3



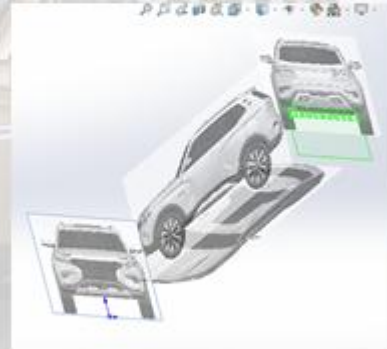
4

Подготовка видовых эскизов

Исходные чертежи



Видовая компоновка в SOLIDWORKS



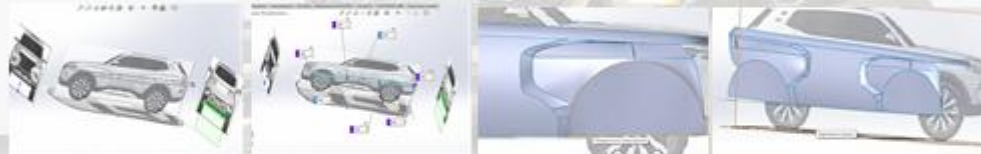
Создание основных частей кузова автомобиля

5

Создание верхнего сплайна боковины



Создание поверхности боковины



Создание заднего бампера и крышки багажника



Создание переднего бампера и решетки



Создание основных частей кузова автомобиля и преобразование в твердотельную модель

6

Создание капота



Создание стоек и крыши



Создание прочих элементов и преобразование в твердотельную модель



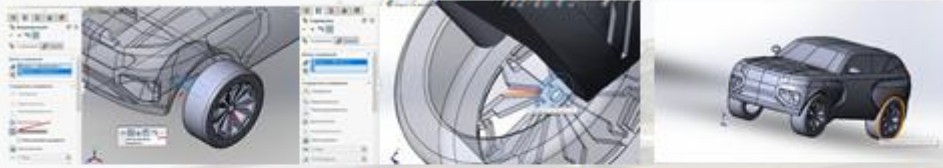
Создание колеса



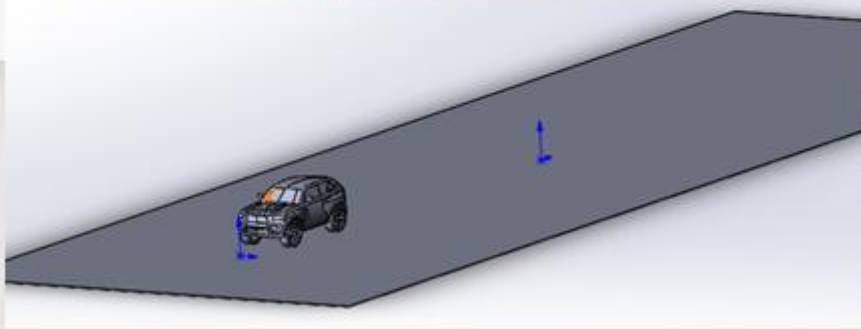
Сборка

7

Совмещение колес с кузовов



Сборка автомобиля с дорогой



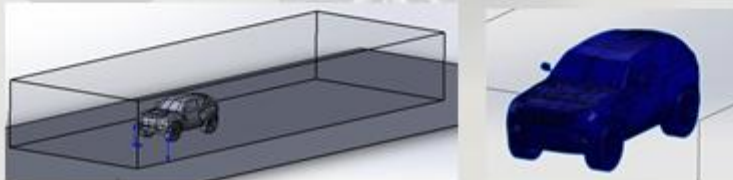
Компьютерные исследования в подпрограмме SW FLOW SIMULATION

8

Настройка программы



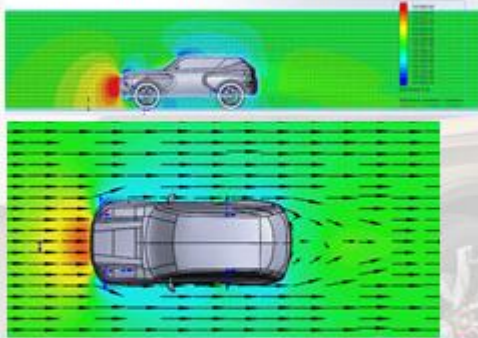
Расчетная область вокруг модели и сетка на модели



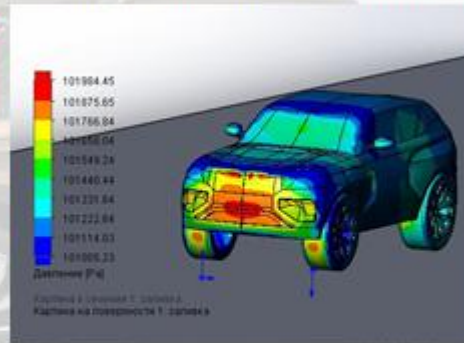
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

9

Прохождение потоков воздуха



Распределение давлений на поверхности



Имя цели	Единица измерения	Значение	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение
ГЦ Сила давления (Z) 1	[N]	-420.845	<u>-420.713</u>	-422.928	-419.481

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

10

Коэффициент аэродинамического сопротивления

$$C_x = \frac{2F_L}{\rho \cdot A \cdot V^2} = 0,383; \text{ где:}$$

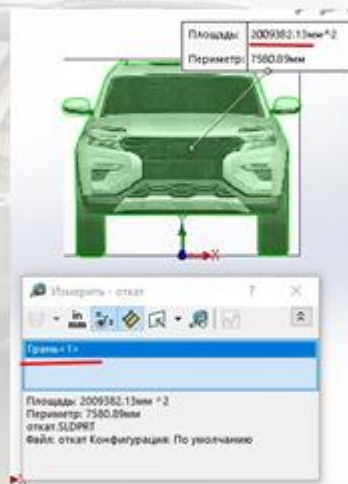
F_L – сила лобового сопротивления, 421 Н;

ρ – плотность воздуха, 1,21 кг/м³;

V – скорость автомобиля, 30 м/с;

A – площадь автомобиля (мидель), 2,01 м².

Площадь по миделю.



Имя цели	Единица измерения	Значение	Среднее значение
ГЦ Сила давления (Z) 1	[N]	-420.845	<u>-420.713</u>

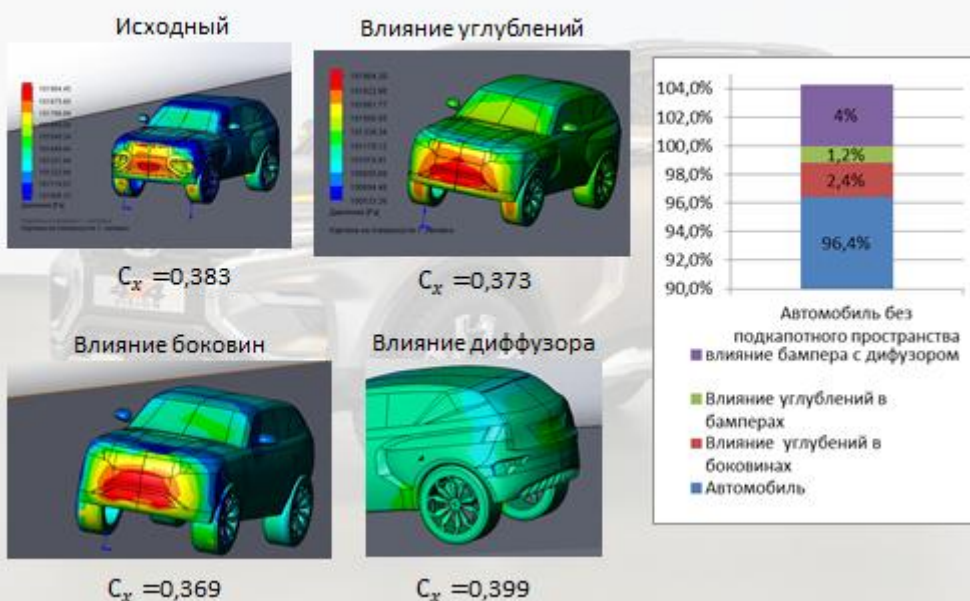
Влияние коэффициента C_x от уровня дробления сетки

11

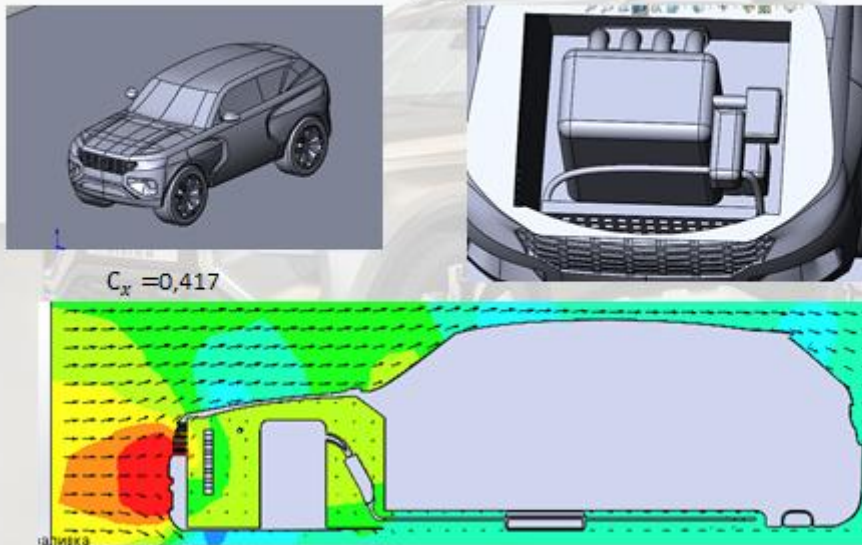


Влияние внешних элементов на аэродинамический коэффициент C_x

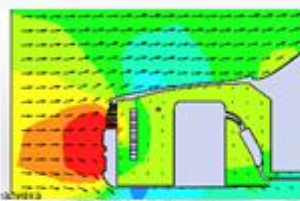
12



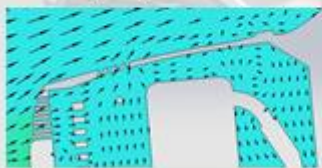
Влияние подкапотного пространства ¹³ на коэффициент C_x



Влияние отвода тепла с подкапотного ¹⁴ пространства («жабр») на коэффициент C_x .



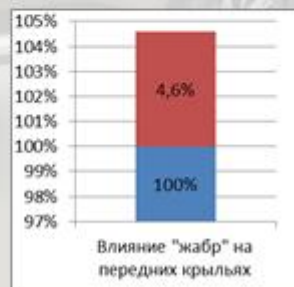
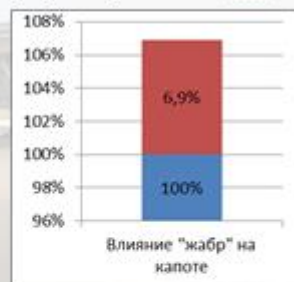
Без «жабр»
 $C_x = 0,397$



С «жабрами» в капоте
 $C_x = 0,425$



С «жабрами» в
передних крыльях
 $C_x = 0,416$



Выводы

- Рассмотренная методика поверхностного и твердотельного моделирования в программном комплексе SOLIDWORKS позволяет создать модель перспективного автомобиля с геометрическими характеристиками, необходимыми для аэродинамических исследований в подпрограмме Flow Simulation.
- Модель без подкапотного пространства $C_x=0,383$;
- Модель с подкапотным пространством $C_x=0,397$;
- Аэродинамический коэффициент можно понизить, в случае отсутствия углублений в бампере на 1,2%, а если и при отсутствии «х – образного рельефа» на боковой части автомобиля, то в сумме коэффициент возможно понизить на 3,6%.
- В случае необходимости, оптимальный отвод тепла из теплоотводящих отверстий, установленных в передних крыльях, при этом коэффициент C_x увеличивается на 4,6% и станет численно равен 0,416.