

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)

на тему Разработка заднего пола на перспективный легковой автомобиль 2-го класса

Обучающийся

Л.А. Куряев

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук И.В. Турбин

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

Консультанты

канд. техн. наук доцент А.В. Бобровский

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

канд. пед. наук доцент И.В. Дерябин

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

канд. экон. наук доцент Л.Л. Чумаков

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

Тольятти 2024

Аннотация

В контексте представленной дипломной работы освещается процесс разработки заднего пола для инновационных автомобилей 2-го класса — от первоначальной концепции до реализации экспериментального образца. Анализируемые аспекты охватывают современные методики проектирования и стратегии оптимизации.

Проект включает несколько ключевых этапов:

Формирование требований охватывает создание перечней ожиданий и потребностей, которым предназначено соответствие заднего плана.

Разработка дизайна: создание чертежей и моделей новой конструкции.

Техническая документация представляет собой всестороннее исчерпывающее изложение всех значимых свойств и процедурных аспектов.

Выбор компонентов включает подбор материалов и комплектующих, которые должны соответствовать установленным целям.

Цели и задачи работы

Необходимость всестороннего изучения, начиная с базовых концепций проектирования, доходящих до этапов тестирования и аналитической работы по результатам, обусловлена желанием распознавания потенциальных изъянов конструкции, а также разработки методов их устранения. Непременное внимание к важности мастерски проведенного проектирования очерчивает, насколько оно способствует коммерческим достижениям продукта.

В дипломной работе предполагается выполнение полного цикла разработки, начиная от замысла и заканчивая реализацией. Такой подход обеспечит глубокое освоение механизмов создания основных элементов автомобиля, важных для его функциональности и безопасности.

Annotation

This thesis will examine the process of designing the rear floor for a promising car from the idea to the creation of a prototype, as well as an analysis of modern design and optimization methods. We'll cover the key stages of a project, including requirements definition, design development, technical documentation, and component selection. Particular attention will be paid to computer modeling and optimization, which will significantly speed up the design process.

The purpose of this work is to study and analyze the car design process, identify problems and difficulties faced by designers, and propose ways to solve them. We will also look at the importance of proper vehicle design and its impact on the project's success in the marketplace.

To develop a new rear floor design for a promising car that will meet all the requirements for strength, rigidity, safety, weight and dimensions.

Optimize the rear floor design in terms of materials and manufacturing methods.

Research objectives:

Conduct an analysis of existing rear floor structures and identify their advantages and disadvantages.

Determine the basic requirements for the design of the rear floor for a promising car based on an analysis of technical characteristics and industry development prospects.

Develop conceptual solutions and select the optimal rear floor design.

Carry out calculations and modeling of the behavior of the rear floor under various loads.

Fabricate a prototype of the rear floor and test it for strength, rigidity, safety and corrosion resistance.

Fulfillment of the assigned tasks will allow us to create a new, optimized rear floor design that meets all the requirements of the modern automotive industry.

Содержание

Введение.....	6
1. Состояние вопроса	8
1.1 Требования по прочности и жесткости заднего пола автомобиля.....	8
1.2 Требования по безопасности заднего пола автомобиля.....	9
1.3 Требования по массе и габаритам заднего пола автомобиля	10
1.4 Требования по коррозионной стойкости заднего пола автомобиля	12
1.5. Разработка концепции конструкции заднего пола и определение основных параметров конструкции заднего пола автомобиля	13
1.6 Выбор материалов и методов изготовления заднего пола автомобиля	14
1.7 Разработка схемы расположения элементов заднего пола автомобиля	16
1.8 Обзор существующих конструкций заднего пола автомобиля.....	17
2. Тягово-динамический расчёт автомобиля	27
2.1 Расчет динамических свойств автомобиля.....	27
3. Конструкторская часть	44
3.1 Особенности детали Ниша запасного колеса.....	44
3.2 Вытяжные инструменты.....	45
3.3 Дефекты при вытяжке.....	48
3.4 Вытяжка заготовки с применением перетяжных рёбер и устранение проблем с формуемостью и утонением заготовки	52
3.5 Проблемы утонения	53
3.6 Перетяжные ребра.....	54
3.7 Доводочные расчёты собственной частоты колебаний	55
4. Технологическая часть	64
4.1 Материал заготовки и инструмента	64
4.2 Материал инструментов	68
4.3 Прессовое оборудование и усилия на вытяжных инструментах	73
4.4 Выбор прессового оборудования	74
4.5 Пресс Innocenti 1000	76

4.6 Использование смазки	79
5. Безопасность технического объекта.....	82
5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.....	82
5.2 Идентификация профессиональных рисков.....	83
5.3 Производственный шум	83
5.4 Производственная вибрация	84
5.5 Производственное освещение.....	84
5.6 Общая безопасность на месте труда	85
6. Экономическая эффективность проекта.....	86
6.1 расчёт стоимости затрат на поставку стали DC04.....	86
6.2 Расчёт стоимости оснастки	88
Заключение	90
Список используемых источников.....	91

Введение

Проектирование автомобилей в современном мире сталкивается с множеством вызовов, среди которых особое место занимает удовлетворение стандартов безопасности, экономичности, экологичности и комфорта. Задний пол автомобиля является одной из критически важных его частей, поскольку от его прочности, жесткости и конструктивных особенностей зависят как безопасность пассажиров, так и общие эксплуатационные характеристики машины.

«Задний пол выполняет несколько важнейших функций:

Прочность и жесткость: Защита пассажиров при ударах и предотвращение деформации салона.

Распределение нагрузок: Участие в общей устойчивости и надежности кузова.

Влияние на массу автомобиля: Легкая конструкция способствует улучшению динамических характеристик.» [33]

«Этапы разработки технологического процесса и проектирование самого процесса штамповки весьма затратны. Поэтому оптимизация технологического процесса, в особенности вытяжки, является важной задачей технологии штамповки.

Большие масштабы выпуска вынуждает принимать более совершенные и трудоемкие штампы. Повышенная стоимость штамповой оснастки требует бездефектное проектирование, поскольку ошибки проектирования выдают крупные финансовые и временные расходы на исключения проблемы» [22].

Использование специализированных программ как CADIX позволяет производить симуляцию самого процесса получения штампованных деталей, давая возможность определять дефекты заранее на экране, а не во время проведенного эксперимента по получению детали, после которого будут вноситься изменения в процесс изготовления. Это позволяет сэкономить время и затраты на стадии проектирования детали и штампов.

Проблемы, с которыми сталкиваются инженеры, работающие с технологией холодной штамповки это – образование критических точек и зон утонения и разрыва на деталях после процесса вытяжки. Другими проблемами инженеров технологов является оптимизация заготовки, чтобы предотвращенные критические зоны никак не повлияли на КИМ детали [7].

С использованием передовых методов и материалов, например, высокопрочные стали и компоненты из композитов, возможно достигнуть значительного уменьшения массы транспортного средства, при этом сохраняя его первоначальные характеристики прочности. К тому же подобные материалы способствуют изготовлению улучшенных по легкости и тонкости компонентов заднего пола авто, что приводит к уменьшению потребления топлива и повышению экологичности автомобиля.

Значимость разработки задней части автомобиля для индустрии удивительно высока. Внедрение нововведений в этом направлении не только усиливает безопасность и комфортабельность, но и уменьшает издержки производства, что способствует созданию выгод, ощутимых как производителями, так и покупателями. Снижение стоимости авто делает их доступными широким слоям населения, увеличивая популярность на глобальных рынках.

Создание современных, эффективных и безопасных транспортных средств неотделимо связано с грамотным проектированием и детальной оптимизацией заднего пола, что выступает ключевым аспектом в данном процессе.

Тема исследования, выбранная для анализа, обладает высокой актуальностью и находится в значимом практическом контексте развития автопрома. Реализация проектов по созданию и внедрению инновационных конструкций задних полов способствует увеличению безопасности, повышению уровня эксплуатационных свойств и оптимизации издержек в производстве автомобильной техники.

1. Состояние вопроса

1.1 Требования по прочности и жесткости заднего пола автомобиля

При разработке задней части автомобиля производится тщательный анализ, направленный на представление различных эксплуатационных нагрузок. Учитываются ключевые параметры, влияющие на надежность и устойчивость конструкции, которые включают, но не ограничиваются следующими аспектами:

Изгибная прочность обеспечивает устойчивость задней части автомобиля к воздействиям, вызванным дорожными неровностями и последствиями задних столкновений. Зачастую этот показатель находится путем расчета момента сопротивления сечения в сочетании с анализом использованного материала.

Торсионная жесткость характеризует способность задней части машины сопротивляться изменениям формы под действием крутящих моментов, что является ключевым для обеспечения стабильности управления во время маневрирования и проезда через повороты.

Определение продольной изгибной жесткости связано с устойчивостью задней части к деформациям вдоль оси, что происходит при разгоне и торможении. Это способствует обеспечению стабильного движения.

Сопротивление сдвигам необходимо для адаптации к боковым ударам и дорожным аномалиям, оно обусловлено площадью сечения поперечного типа и материалом, из которого изготовлен пол автомобиля.

Требования к жесткости и прочности основываются на анализе условий эксплуатации, которые оцениваются согласно стандартам безопасности и принятым нормам. Для обеспечения необходимой долговечности показатели жесткости и прочности должны быть установлены на уровне, превосходящем установленные минимальные нормы.

Многообразие технических решений применимо для оптимизации задней части автомобиля, включая следующие примеры:

Использование материалов с выдающимися прочностными характеристиками, охватывающее стали и композитные элементы.

Усиление толщины в наиболее нагруженных участках.

Добавление ребер жесткости и усилительных элементов.

Оптимизация конструкции через компьютерное моделирование и расчеты.

1.2 Требования по безопасности заднего пола автомобиля

Задняя часть автомобиля, как неотъемлемый элемент обеспечения его безопасности, наделена выполнением ряда критически важных функций.

«Чтобы сохранить целостность салона автомобиля и предотвратить проникновение объектов при задних столкновениях, необходимо, чтобы задняя часть автомобиля обладала определенными качествами. Изначально, устойчивость и целостность достигаются за счет использования материалов с высокой прочностью и жесткостью. Кроме того, она должна включать конструктивные элементы, которые способны поглощать удар.

Продуманная система защиты при боковых ударах: задача такой системы – распределение сил, возникающих в результате боковых столкновений, подразумевая наличие оптимальной сдвиговой устойчивости и качественных соединений с боковинами кузова, для обеспечения безопасности пассажиров.» [35]

Критическая значимость герметизации задней части автомобиля заключается в препятствии попадания выхлопных газов внутрь салона, что способствует обеспечению безопасности и комфорта пассажиров в процессе движения.

Защита от огня: весьма важно применять покрытия или материалы, способные устоять перед огнем, на задней части транспортного средства, дабы предупредить его распространение.

Формирование требований безопасности для задней части авто базируется на детальной проработке эксплуатационных условий, действующих законодательных норм и технических стандартов. В результате, создаваемая конструкция должна соблюдать указанные требования для обеспечения оптимальной безопасности водителя и пассажиров.

Укреплению безопасности задней зоны автомобиля способствуют многообразные инженерные решения, которые включают в себя:

Укрепление наиболее уязвимых участков.

Применение материалов, предназначенных для абсорбции ударной энергии, таковы как пенополистирол и различные композиты, находят свое место.

Обеспечение герметичности всех соединений.

Использование материалов, устойчивых к огню, а также применение особых покрытий с целью обеспечения защиты от огненных воздействий.

1.3 Требования по массе и габаритам заднего пола автомобиля

Основные характеристики автомобиля определяются массой и размерами задней его части; на управляемость, динамичность, и эффективность использования топлива эти параметры оказывают непосредственное воздействие. В качестве ключевых критериев для заднего пола выделяются следующие:

Достижение минимума массы заднего пола является ключевым, при этом нельзя снижать прочность и безопасность. Уменьшение веса способствует усилению динамических характеристик и сокращению потребления топлива. В результате, это обуславливает повышение общей эффективности и экономичности автомобиля.

Настройка размеров заднего пола преследует цель: достигнуть в нем достаточного пространства для ног и багажа, следуя при этом требованию минимизации к общим размерам транспортного средства, что способствует комфортному чувству и повышает функциональность пассажирской зоны.

Основываясь на детальном анализе спецификаций транспортного средства, предпочтений потребителей рынка и установленных стандартов, устанавливаются критерии для массы и габаритов задней части автомобиля. В стремлении обеспечить оптимальное соотношение веса, размеров и возможностей, применение современных материалов и технологий является ключевым.

Для снижения массы задней части автомобиля можно внедрить ряд инженерных подходов:

Применение высокопрочных сталей и композитных материалов.

Повышение эффективности конфигурации и размера пола осуществляется путем применения инженерных анализов вместе с техникой моделирования.

Использование легких наполнителей для пустот в полу.

Применение элементов, которые можно снять или сложить, для увеличения объема багажного пространства.

Для коррекции размерности заднего пола применимы следующие методики:

Установка более компактных сидений и деталей интерьера.

Размещение багажного отделения под полом или в задней части машины.

Использование элементов, которые можно складывать или снимать, способствует расширению объема салона и багажного отделения.

1.4 Требования по коррозионной стойкости заднего пола автомобиля

Для обеспечения надежности и безопасности автомобиля, особое внимание уделяется коррозионной стойкости заднего пола. Эта часть авто постоянно контактирует с агрессивными средами — от дорожной соли до кислотных осадков, что может привести к ускоренному износу и серьезным проблемам, включая ослабление кузова и повреждение важных систем.

Основные аспекты коррозионной стойкости:

Защита от влаги и реагентов: Обеспечение устойчивости против воздействия воды, солей и других коррозионных веществ требуется путем использования антикоррозийных покрытий, а также материалов с высокой коррозионной стойкостью.

Защита от электрохимической коррозии требует надежного обеспечения изоляции задней части пола от разрушительного воздействия, связанного с контактом разнородных металлов в условиях сырости, при помощи соответствующих изоляционных материалов и защитных покрытий.

Обеспечение герметичности стыков и соединений крайне важно для предотвращения проникновения влаги и различных реагентов. Потому каждое соединение и стык требует обязательной и надежной герметизации.

Анализ эксплуатационных сценариев и законодательных стандартов обеспечивает основание в определении требований к стойкости материала перед коррозией. Для обеспечения безопасности и устойчивости на длительный период, конструкция заднего пола должна удовлетворять этим критериям.

Меры по усилению коррозионной стойкости:

Использование материалов, обладающих повышенной устойчивостью к коррозионным процессам, таких как оцинкованная сталь или алюминий.

Процесс нанесения защитных слоев, включая методы как цинкованные, так и порошковая окраска.

Применение изоляторов поможет исключить контакт между различными металлами.

Герметизация всех соединений с помощью специальных составов.

Регулярный уход, включающий очистку и обновление защитных слоев.

Этапом стала разработка конструкционной концепции задней части автомобиля и выявление ключевых параметров данной конструкции.

1.5. Разработка концепции конструкции заднего пола и определение основных параметров конструкции заднего пола автомобиля

При разработке задней части автомобиля основное внимание обращается на удовлетворение указанных в спецификациях требований и параметров машины. Важны следующие аспекты в проектировании:

В отношении формы и габаритов: они должны быть адаптированы под размеры транспортного средства, расположение его остальных элементов и обеспечивать достаточно пространства как для пассажиров, так и для их багажных вещей.

Необходимым аспектом при работе с толщиной материала является поиск оптимального сочетания прочности при минимизации массы с учётом разнообразных нагрузок в индивидуальных зонах.

Для изготовления применяют материалы, отвечающие стандартам прочности и устойчивости к коррозии, например, сталь, алюминий или композиты, включая их различные комбинации.

Конструкция получает усиление за счет добавления ребер жесткости и усилителей, которые способствуют повышению прочности и стабильности: возможно изготовление этих элементов из материала аналогичной или улучшенной прочности.

Крепление задней части к кузову авто организовывается через сварочные работы, использование клепок или болтов, выбор метода зависит от требований к прочности и герметичности конструкции.

Создание указанных параметров представляет собой основополагающий этап, влияющий на многие ошибки процесса, среди которых безопасность и финансовые затраты. Благодаря использованию новейших подходов в расчёте и моделировании, достигается оптимизация структуры проекта.

Дополнительные факторы при проектировании:

Отверстия технологического типа: они должны быть размещены так, чтобы обеспечивалась лёгкость прокладки коммуникаций и, при этом, не снижать прочность конструкций.

Основание задней части должно гарантировать крепкую установку мест для сидения и других компонентов.

Интеграция: Пол кузова требует гармоничного сочетания с другими элементами, чтобы обеспечить не только прочность, но и герметичность.

Эффективность производства: Массовое производство и ремонт требуют особенно удобной конструкции.

Создание эффективного дизайна возможно благодаря многостороннему изучению требований и применению современных технологий в области проектирования и изготовления.

1.6 Выбор материалов и методов изготовления заднего пола автомобиля

В процессе проектирования задней части автомобиля перед нами встаёт задача выбора материалов и технологий. Эти компоненты должны удовлетворять ряду ключевых требований: должны обладать высокой прочностью и упругостью, быть легкими, устойчивыми к коррозии и экономически выгодными.

Материалы:

Сталь представляет собой классический вариант, ценящийся за прочность и приемлемую стоимость. Впрочем, для предотвращения ржавчины применяют оцинковку или специфические покрытия.

Алюминий, будучи более легким по сравнению со сталью, обладает высокой прочностью и устойчивостью к коррозии, однако обходится дороже.

Углепластик и стеклопластик, как виды композитных материалов, приносят легкость вместе с устойчивостью к основанию, однако выпуск их затруднителен, и вдобавок стоимость высока.

Технологии изготовления:

Штамповка — это преимущественно используемый метод в работе со сталью, при котором лист металла подвергается формированию с помощью нескольких последовательных операций.

«Процесс холодной штамповки: особенно подходяще для мягких материалов, характеризуется высокой точностью и эффективностью. Однако данный метод ограничен толщиной обрабатываемых материалов.

Процесс горячей штамповки, применим для сплавов твердых, способствует уменьшению вероятности появления трещин; однако, он потребует больше времени и энергии.

Литьё олицетворяет технологию, при которой материалы, такие как алюминий и композиты, в расплавленном состоянии заливаются в специально созданные формы.» [32]

Клепка и сварка: обеспечивают прочное соединение между элементами пола.

Основание для выбора материалов и методов обуславливается всесторонним изучением от эффективности производства массовой продукции до экологической совместимости и способностей по ремонту. Элементам кузова необходима экспертно реализованная интеграция для сохранения их структурной целостности, причем этот процесс выступает ключевым. Постигается оптимальность в выборе на основе комплексности подходов и использования передовых в производственной области технологий.

1.7 Разработка схемы расположения элементов заднего пола автомобиля

Разработка схемы элементов заднего пола автомобиля осуществляется с учетом множества ключевых параметров, таких как прочность, жесткость, безопасность, масса и габаритные размеры пола. При этом основные шаги в проектировании включают различные этапы, среди которых можно выделить следующие:

Зонирование пространства: в процессе организации мы разбиваем заднюю часть автомобиля на функциональные зоны: пространство под ноги, багажное отделение, места для крепления сидений и другие компоненты интерьера.

В областях, предназначенных для восприятия пиковых нагрузок, конструкция получает укрепление с помощью применения стальных усилителей и ребер жесткости. Такое похожее на скелет обустройство обеспечивает удержание целостности общей структуры, при этом избегая добавления излишнего веса.

Размещение технических отверстий для труб и проводов становится следующим этапом: необходимо тщательно продумать их расположение так, чтобы оно не наносило ущерба общей прочности конструкции.

Для интерьера, используем крепёж: сначала нужно выяснить, какие точки закрепления сидений и ремней безопасности необходимы. Обеспечение надежности и полное соответствие стандартам безопасности - обязательное условие.

Работа по оптимизации каждого модуля, оказывается, проводится через компьютерное моделирование и нацелена на снижение массы при сохранении прочностных характеристик.

На этапе проектирования транспортного средства мы учитываем будущие аспекты эксплуатации, такие как сборка, обслуживание и ремонт. Следовательно, значимым аспектом является обеспечение лёгкого доступа и

удобства при работе с различными элементами автомобиля для сервисных центров.

1.8 Обзор существующих конструкций заднего пола автомобиля

Предназначением ниши запасного колеса является хранение самого колеса и возможно дополнительных принадлежностей, таких как инструменты и знаки аварийной остановки.

Существует несколько вариантов исполнения конструкции для ниши запасного колеса.

1. Основная часть штампованной ниши, которая формируется как тело вращения (примеры применения в автомобиле Opel Astra можно увидеть на рисунке 1), обладает унификацией, что дает легкость в изготовлении. Преимущество такого решения заключается в простоте его создания и возможности стандартизации детали. Однако, главным недостатком является ограниченная ёмкость, поскольку возможности ниши ограничиваются местом только для запасного колеса.



Рисунок 1 – Ниша запасного колеса Opel Astra

Штампованная ниша с открытым задним торцом (LADA 2116, FIAT Grande Punto, VOLVO V50). При этом ниша может быть выполнена как отдельно от панели заднего пола (FIAT Grande Punto), так и вместе с ней (Cadillac BLS). Кроме того, задняя часть ниши может быть как постоянного сечения (VOLVO V50 рисунок 2),



Рисунок 2 – Ниша запасного колеса VOLVO V50

так и сужающегося (SAAB 9-3 рисунок 3). Последнее объясняется необходимостью освобождения места для элементов системы выпуска.



Рисунок 3 – Ниша запасного колеса SAAB 9-3

2. Ниша может быть конструктивно выполнена граничащей с одним или обоими лонжеронами (LADA 2107, Peugeot 407 рисунок.4). Преимуществом подобного решения является значительный объём ниши, а недостатком - сопутствующее часто увеличение количества составляющих деталей.



Рисунок 4 – Ниша запасного колеса Peugeot 407

3. Пластиковая ниша, устанавливаемая в стальной каркас заднего пола (BMW 3-series, Mercedes Benz C-class рисунок 5). К преимуществам можно отнести безусловное снижение веса, увеличение жёсткости ниши за счет оребрения, возможность создания ниши произвольной формы. Недостатками являются исключение ниши из силовой схемы, а также необходимость уплотнения при установке.



Рисунок 5 – Ниша запасного колеса Mercedes Benz C-class

Ниши могут располагаться как симметрично относительно продольной плоскости автомобиля (VOLVO V50 рисунок 2), так и со смещением (Peugeot 407 рисунок 4). Расположение ниши определяется элементами системы выпуска.

К нише запасного колеса предъявляются следующие специальные требования:

а) ниша испытывается в составе заднего пола на прочность по И 3123.37.101.013-2001.

Максимальное допустимое перемещение от распределённой нагрузки не должно превышать 4мм.

б) перемещение при закручивании фиксирующего болта не должно превышать 3мм.

в) собственная частота ниши не должна совпадать с установленным колесом в составе автомобиля и быть ниже 250Гц.

Порядок разработки.

– Сначала технологи предоставляют установку запасного колеса, учитывающую все типы применяемых колёс на данном семействе автомобилей с учётом разношенного состояния.

– Затем управление проектирования кузова предоставляет концепцию шумоизоляции багажного отделения, учитывающую наличие или отсутствие, собственно, шумоизоляции, коврового покрытия, конструкцию крышки ниши, а также наличие виброизоляции на дне ниши запасного колеса. Толщина пакета шумоизоляции может лежать в диапазоне от 9 до 24мм, хотя в большинстве случаев, она отсутствует. Толщина коврового покрытия обычно составляет 6мм, а виброизолирующего слоя - $1\div 3,2$ мм.

– Основной профиль ниши строится следующим образом. Строится плоскость, касательная профилю обобщённого колеса. В сечении, проходящим через ось колеса, строятся линии, проходящие под углом $80\div 85^\circ$ к плоскости дна ниши на расстоянии $3\div 5$ мм от сечения обобщенного колеса. В случае наличия виброизоляции плоскость дна ниши строится параллельно плоскости, касательной нижней части колеса на расстоянии, равном толщине виброизоляции. Радиус сопряжения боковой части ниши и её дна принимается максимальным для облегчения вытяжки с условием образования зазора с колесом не менее выбранного значения ($3\div 5$ мм) (рисунок 6).

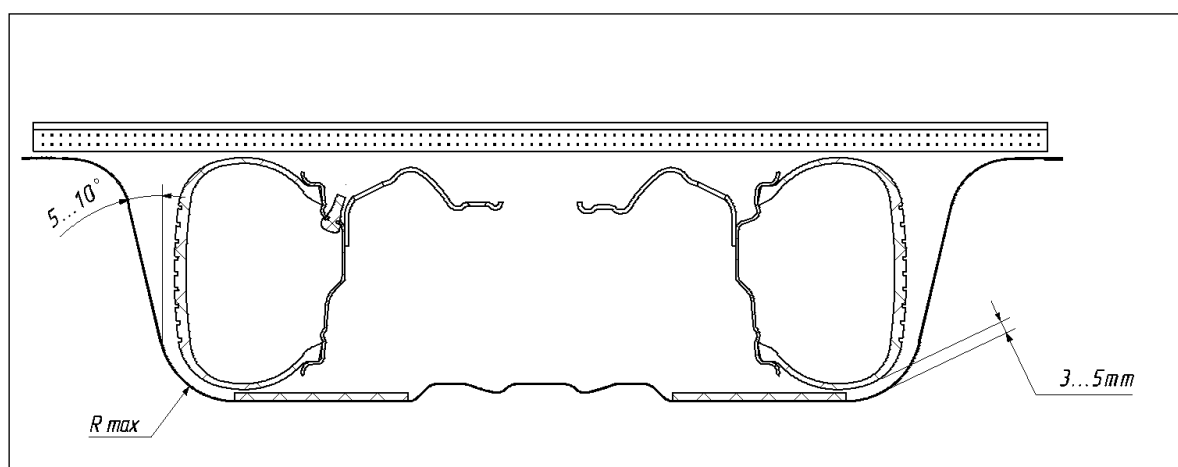


Рисунок 6 – Радиус сопряжения боковой части ниши

– Положение колеса должно быть выбрано таким образом, чтобы позволять укладывать крышку ниши, не входя в геометрический конфликт с колесом с учётом зазора 1÷3мм. В противном случае установка колеса должна быть изменена.

– В случае, если ниша представляет собой замкнутый профиль с большими радиусами на входе сверху (радиусы больше глубины) и короткими фланцами по краям, радиусы при фланце принимают равными 6мм, а длину фланца - 19мм (рисунок 7). Для ужесточения панели заднего пола целесообразно выполнить в ней подштамповку с профилем указанным на рисунке 7. Если ниша выполняется с протяжёнными закраинами, то значения радиусов следует принимать не менее 15÷20мм. В целом значение радиусов при фланце выбирается по согласованию с разработчиком штамповой оснастки.

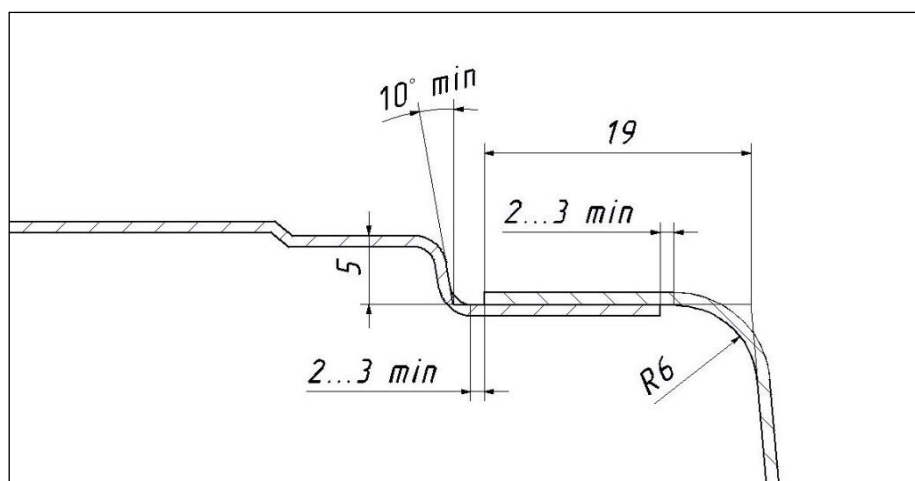


Рисунок 7 – Подштамповка с профилем

– Задний фланец ниши, выполненной на проход, может быть ориентирован как вверх, так и вниз. При этом фланец может не лежать в вертикальной плоскости, а быть цилиндрическим для расширения места укладки колеса (Nissan Note рисунок 8). На радиусных участках фланца делаются выкусы в соответствии со значениями радиусов перегибов.



Рисунок 8 – Ниша запасного колеса Nissan Note

– В центральной части ниши необходимо предусмотреть площадку для установки кронштейна крепления запасного колеса. Место установки кронштейна должно быть выполнено достаточно жестким для предотвращения излишней деформации ниши в момент затягивания болта крепления колеса. Для этого площадка выполняется на коническом возвышении, при этом необходимо убедиться в том, что кронштейн, установленный на площадку, не входит в геометрический конфликт с диском колеса вне зависимости от способа укладки колеса.

– Донная часть ниши и её боковые стенки усиливаются рёбрами для уменьшения деформации ниши от нагрузок и увеличения собственной частоты колебаний. Рёбра могут иметь различную конфигурацию, заходить на боковые стенки и даже на верхнюю часть ниши (Cadillac BLS, FIAT Grande Punto). Иногда ниша усиливается дополнительными усилителями, приваренными либо со стороны салона (AUDI A6 рисунок 9), либо снаружи (Daewoo Matiz рисунок 10).



Рисунок 9 – Ниша запасного колеса AUDI A6



Рисунок 10 – Ниша запасного колеса Daewoo Matiz

– Необходимо обеспечить сливные отверстия достаточной площади. Отверстия должны быть расположены в загибах не менее 5мм для обеспечения полного стока. Ориентируясь на алгоритм окраски комплекса

«Калина», лучше располагать отверстия в задней части ниши. Рекомендуется выполнить два отверстия $\varnothing 50\text{мм}$ суммарной площадью 1963мм^2 .

– В задней части ниши часто размещаются буксирные проушины (Cadillac BLS рисунок 11). Проушины, как правило, выполнены в виде гнутого прутка, приваренного к нише посредством дополнительных усилителей. Проушина может располагаться как в центральной части, так и в боковой части. Усилители имеют значительную толщину ($2,0\div 2,5\text{мм}$) и рёбра, обеспечивающие выход воздуха и слив жидкостей в процессе окраски.



Рисунок 11 – Ниша запасного колеса Cadillac BLS

– В задней части ниши LADA 2116 приварены кронштейны ТСУ. Кронштейны имеют толщину $2,5\text{мм}$ и несут приварные гайки М10 увеличенной толщины. Кронштейны ТСУ и буксирных проушин необходимо располагать по возможности близко к нижним продольным рёбрам ниши недалеко от панели задка. Три ортогональных плоскости обеспечивают достаточную локальную устойчивость. При размещении подобных устройств на нише необходимо учитывать возможность деформации зоны, расположенной перед нишей. Для предотвращения излишних упругих, а также

пластических деформаций, необходимо выполнить усиление этой зоны в виде дополнительной поперечины, связанной с нишей, или продольных усилителей, соединяющих нишу с поперечиной среднего пола.

Вывод по разделу.

В этом разделе мы рассмотрели основные требования к нише запасного колеса и какие виды ниш бывают.

Требования по прочности и жесткости должны обязательно выполняться при проектировании ниши запасного колеса, так как это напрямую влияет на безопасность транспортного средства, и она зависит не только от своего материала, но и от своей формы. Что касается формы она бывает разной, от круглой до прямоугольной со скосами и различными подштамповками. Подштамповки в свою очередь служат так же для удобства штампуемости и жесткости самой ниши. Нельзя забывать и о массе с габаритами, так как именно они влияют на управляемость и динамичность автомобиля, а по эффективности сказывается на расходе топлива, большой вес повышает расход топлива. Для снижения массы можно использовать высокопрочные стали и композитные материалы.

Для обеспечения долговечности ниши запасного колеса используют коррозионностойкие материалы, которые не подвергаются агрессивным средам, таким как соли и кислотные осадки, в добавок обрабатывают материал катафорезом.

2. Тягово-динамический расчёт автомобиля

2.1 Расчет динамических свойств автомобиля

Для начала рассмотрим «общие данные автомобиля LADA VESTA 1,8, полученные с сайта lada.ru, а также в ходе преддипломной практики. Все расчеты выполняются в соответствии с учебным пособием.» [10].

«Геометрические размеры автомобиля

Длина: 4445 мм

Ширина: 1785 мм

Высота: 1486 мм» [12].

«Определение площади поперечной геометрической проекции

Исходя из представленных геометрических размеров автомобиля, определим площадь его поперечной геометрической проекции.

Пример расчета

Для наглядности расчета, воспользуемся следующей формулой:» [10].

$$F = 0,8 \cdot B_z \cdot H_z \quad (1)$$

$$F = 0,8 \cdot 1,764 \cdot 1,497 = 2,113 \text{ м}^2$$

«Определим радиус качения шины размерности 185/65R15 устанавливаемой на автомобиль Lada Vesta 1,8.» [13]

$$R_k = r_{CT} = (0,5 \cdot d + k \cdot \gamma_z \cdot B) \quad (2)$$

«где d – диаметр шины в метрах,

$\lambda_z=0,8$ – коэффициент деформации шины,

B – высота шинного профиля» [13]

$$r_k = 0,5 \cdot 15 \cdot 0,0254 + 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,185 = 0,287 \text{ (м.)} \quad (3)$$

«Рассчитаем полную массу автомобиля Lada Vesta 1,8» [13].

$$m_A = m_0 + n \cdot m_{\text{п}} + n \cdot m_6 \quad (4)$$

«где $m_{\text{п}} = 75$ кг (масса одного пассажира);

$m_6 = 10$ (масса багажа на одного пассажира);

$n=5$ (количество человек).» [13].

$$M_a = 1230 + 5 \cdot 75 + 5 \cdot 10 = 1655 \text{ (кг)}$$

«Коэффициент полезного действия трансмиссии ($\eta_{\text{тр}}$): 0,92

Коэффициент сопротивления качению (f_0): 0,011

Коэффициент сцепления колеса с дорогой (φ): 0,8 (для сухого асфальтобетона)

Коэффициент аэродинамического сопротивления (C_x): 0,32

Передаточные числа трансмиссии

Для расчета действующей комплектации автомобиля LADA VESTA 1,8 принимаем следующие передаточные числа (данные получены в ходе практики):» [13].

$U_1: 3,64$

$U_2: 1,95$

$U_3: 1,36$

$U_4: 0,94$

$U_5: 0,78$

$U_{\text{гп}}: 3,94$

«Внешняя скоростная характеристика двигателя» [10].

Максимальные параметры двигателя ВАЗ-21179, взятые с официального сайта lada.ru:

Для визуализации внешней скоростной характеристики двигателя ВАЗ-21179, построим график (рисунок 12) на основе данных таблицы 1, отражая зависимости крутящего момента и мощности от оборотов двигателя.

Таблица 1 – Скоростная характеристика внешнего двигателя автомобиля.

Скорость двигателя, об/мин.	Эффективный крутящий момент, Нм.	Эффективная мощность, кВт.
800	120,3	10,1
1200	132,8	16,7
1600	143,5	24,1
2000	152,5	31,9
2400	159,6	40,1
2800	164,9	48,4
3200	168,4	56,4
3600	170,2	64,2
4000	170,2	71,3
4400	168,3	77,6
4800	164,7	82,8
5200	159,3	86,8
5600	152,1	89,2
6000	143,1	89,9

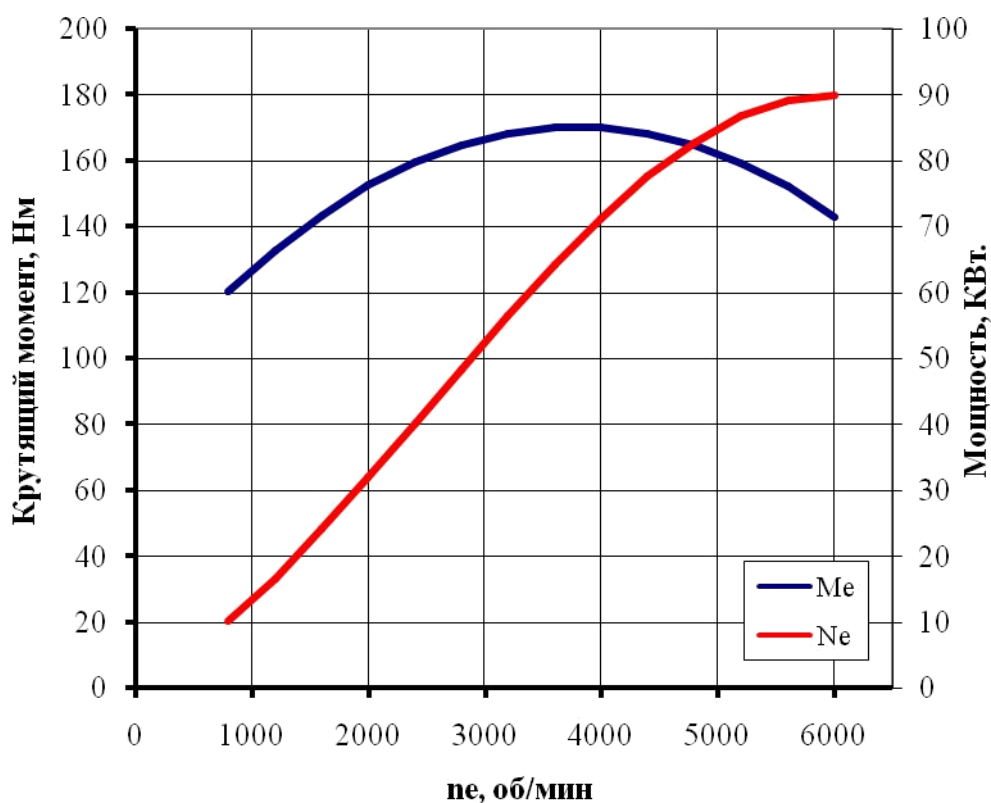


Рисунок 12 – Скоростная характеристика внешнего двигателя автомобиля.

«Используя радиус качения колеса, диапазон рабочих оборотов двигателя и

передаточные числа трансмиссии, рассчитаем скорость автомобиля в зависимости от оборотов двигателя и передачи по формуле:» [10]

$$V = \frac{r_k \cdot \omega_e}{U_k \cdot U_0} \quad (5)$$

«где r_k – радиус качения ведущих колес, м;

ω_e – угловая скорость коленчатого вала двигателя, рад/с;

U_k – передаточной число передачи, U_0 – передаточное число главной передачи.» [10]

Результаты расчетов передач занесём в таблицу 2 и на рисунок 13.

Таблица 2 – Скорости автомобиля на передачах.

Скорость двигателя, об/мин.	Скорость автомобиля (м/с) на передаче				
	I	II	III	IV	V
800	1,67	3,13	4,48	6,48	7,78
1200	2,51	4,69	6,72	9,72	11,66
1600	3,35	6,25	8,96	12,96	15,55
2000	4,19	7,82	11,21	16,20	19,44
2400	5,02	9,38	13,45	19,43	23,33
2800	5,86	10,94	15,69	22,67	27,21
3200	6,70	12,50	17,93	25,91	31,10
3600	7,54	14,07	20,17	29,15	34,99
4000	8,37	15,63	22,41	32,39	38,88
4400	9,21	17,19	24,65	35,63	42,77
4800	10,05	18,76	26,89	38,87	46,65
5200	10,89	20,32	29,14	42,11	50,54
5600	11,72	21,88	31,38	45,35	54,43
6000	12,56	23,45	33,62	48,59	58,32

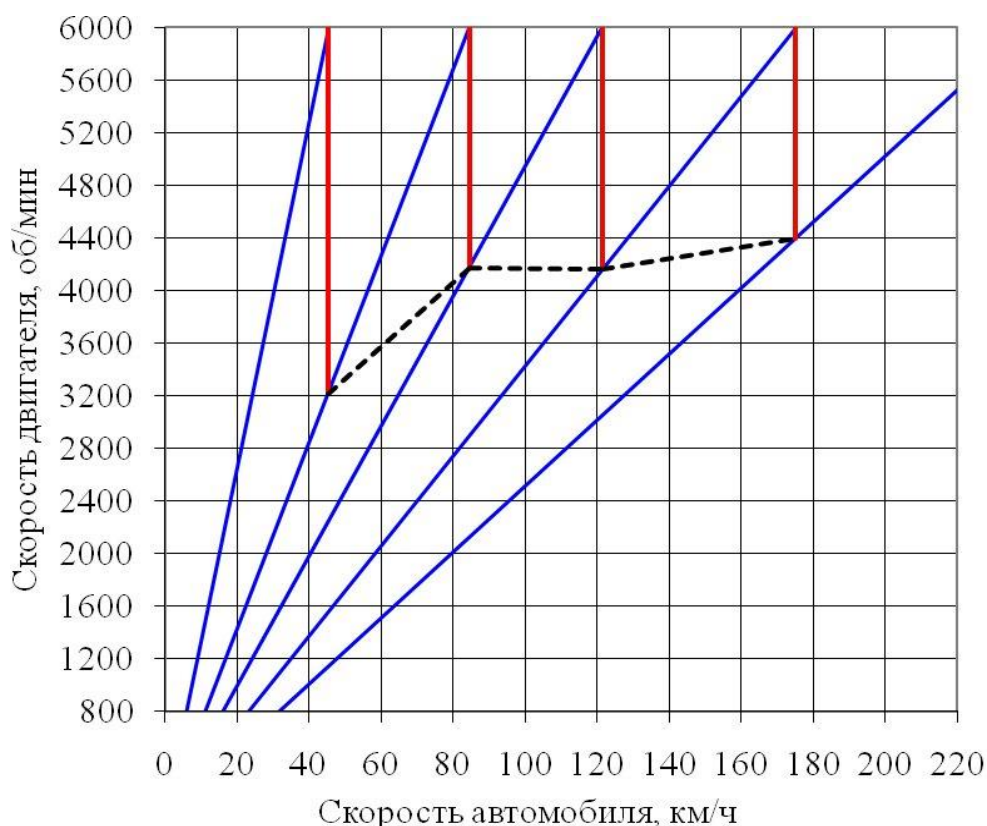


Рисунок 13 - Зависимость скорости автомобиля на передачах от скорости двигателя.

«Расчеты тягово-динамических качеств автомобиля.

Уравнение силового баланса:» [12]

$$P_T = P_d + P_v + P_i \quad (6)$$

где P_T – тяговое усилие, передаваемое на оси колес;

P_d – импеданс движению, создаваемый поверхностью проезжей части;

P_v – аэродинамическое противодействие, испытываемое транспортным средством;

P_i – инерционное воздействие, оказываемое массой транспортного средства.

«Выполним расчет всех входящих в уравнение сил.

Силу тяги на разных передачах:» [10]

$$P_T = \frac{U_K \cdot U_0 \cdot M_E \cdot \eta_{TP}}{r_K} \quad (7)$$

«где U_K – передаточное число КПШ;

M_E – вращающая сила мотора (обращаясь к таблице 1).» [10]

В таблице 3 отображены данные о вычисленных тяговых усилиях.

Таблица 3 – Тяговая сила на ведущих колесах автомобиля.

Скорость двигателя, об/мин.	Тяговая сила на ведущих колесах на передаче, Н.				
	I	II	III	IV	V
800	5539	2967	2069	1432	1193
1200	6113	3275	2284	1580	1317
1600	6606	3539	2468	1708	1423
2000	7016	3759	2621	1814	1511
2400	7344	3934	2744	1898	1582
2800	7589	4066	2835	1962	1635
3200	7752	4153	2896	2004	1670
3600	7833	4196	2927	2025	1687
4000	7831	4195	2926	2024	1687
4400	7747	4150	2894	2003	1669
4800	7581	4061	2832	1960	1633
5200	7332	3928	2739	1895	1579
5600	7001	3750	2616	1810	1508
6000	6587	3529	2461	1703	1419

Определение силы, препятствующей движению автомобиля, производится на основе предположения о его перемещении по горизонтальной поверхности, то есть при нулевом угле наклона дороги, обозначаемом как $i=0$:

$$P_D = G_A \cdot f_0 \quad (8)$$

где G_A – общая масса транспортного средства;

f_0 – индекс противодействия качению.

Для определения величины, характеризующей аэродинамическое противодействие P_B , воспользуемся следующей формулой:

$$P_B = 0,5 \cdot C_x \cdot \rho \cdot F \cdot V^2 \quad (9)$$

где C_x – показатель, отражающий сопротивление воздуха; значение ρ равное $1,293 \text{ кг/м}^3$, представляет собой плотность воздуха при стандартных условиях атмосферного давления. Итоги вычислений, касающихся сил, препятствующих движению, собраны в таблице 4.

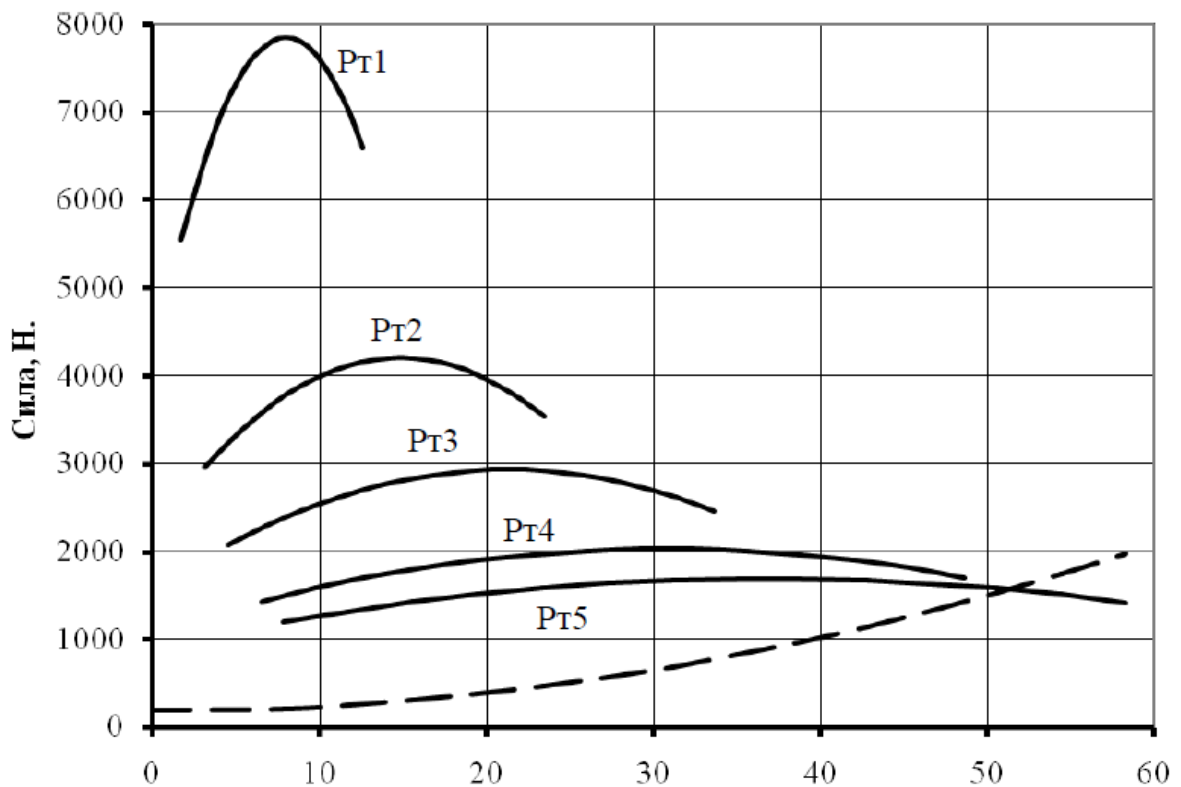


Рисунок 14 - Тяговый баланс автомобиля.

Таблица 4 – Силы сопротивления.

Скорость двигателя, об/мин.	Силы сопротивления на ведущих колесах на 5 передаче, Н.		
	Р _д	Р _в	Р _Σ
800	184	26	210
1200	191	59	250
1600	200	106	306
2000	212	165	377
2400	227	238	465
2800	245	324	568
3200	265	423	688
3600	288	535	823
4000	314	661	974
4400	342	799	1141
4800	373	951	1324
5200	407	1116	1523
5600	443	1295	1738
6000	482	1486	1969

Графическое изображение тягового баланса транспортного средства демонстрируется на рисунке 14. Анализируя тяговый баланс, можно сделать вывод о том, что пиковая скорость, достигаемая автомобилем, составляет 52 м/с или 187 км/ч, что находится в соответствии с официальными данными АВТОВАЗ, указывающими скорость в 186 км/ч. Важно также упомянуть, что максимальная скорость достигается на пятой передаче.

Баланс мощности транспортного средства представлен как функция, отражающая соотношение мощности, передаваемой на колёса, к скорости движения. Для определения мощности используется формула:

$$N_T = N_d + N_v + N_i, \text{ Вт} \quad (10)$$

где N_T – мощность необходимая для обеспечения тяги автомобиля;

$$N_T = P_T \cdot V \quad (11)$$

Энергия, используемая для противодействия силам, мешающим свободному вращению колёс, известна как мощность преодоления сопротивления качения.

$$N_D = P_D \cdot V \quad (12)$$

Энергетические затраты, направленные на борьбу с давлением встречного воздуха, мощность преодоления аэродинамического сопротивления;

$$N_B = P_B \cdot V \quad (13)$$

«Мощность, которая затрачивается на преодоление силы инерции;» [10]

$$N_{И} = P_{И} \cdot V \quad (14)$$

Для достижения наивысшей скорости автомобиль рассчитывается с учетом оптимальной передачи, которая в данном контексте является пятой. Данные об этом распределении мощности можно найти в таблице 5 и рисунок 15.

Таблица 5 – Мощностной баланс.

Скорость двигателя, об/мин.	Мощность, кВт.			
	N_T	N_B	N_D	N_Σ
800	9,3	0,2	1,4	1,6
1200	15,4	0,7	2,2	2,9
1600	22,1	1,6	3,1	4,8
2000	29,4	3,2	4,1	7,3
2400	36,9	5,5	5,3	10,8
2800	44,5	8,8	6,7	15,5
3200	51,9	13,1	8,2	21,4
3600	59,0	18,7	10,1	28,8
4000	65,6	25,7	12,2	37,9
4400	71,4	34,2	14,6	48,8
4800	76,2	44,4	17,4	61,8
5200	79,8	56,4	20,6	77,0
5600	82,1	70,5	24,1	94,6
6000	82,7	86,7	28,1	114,8

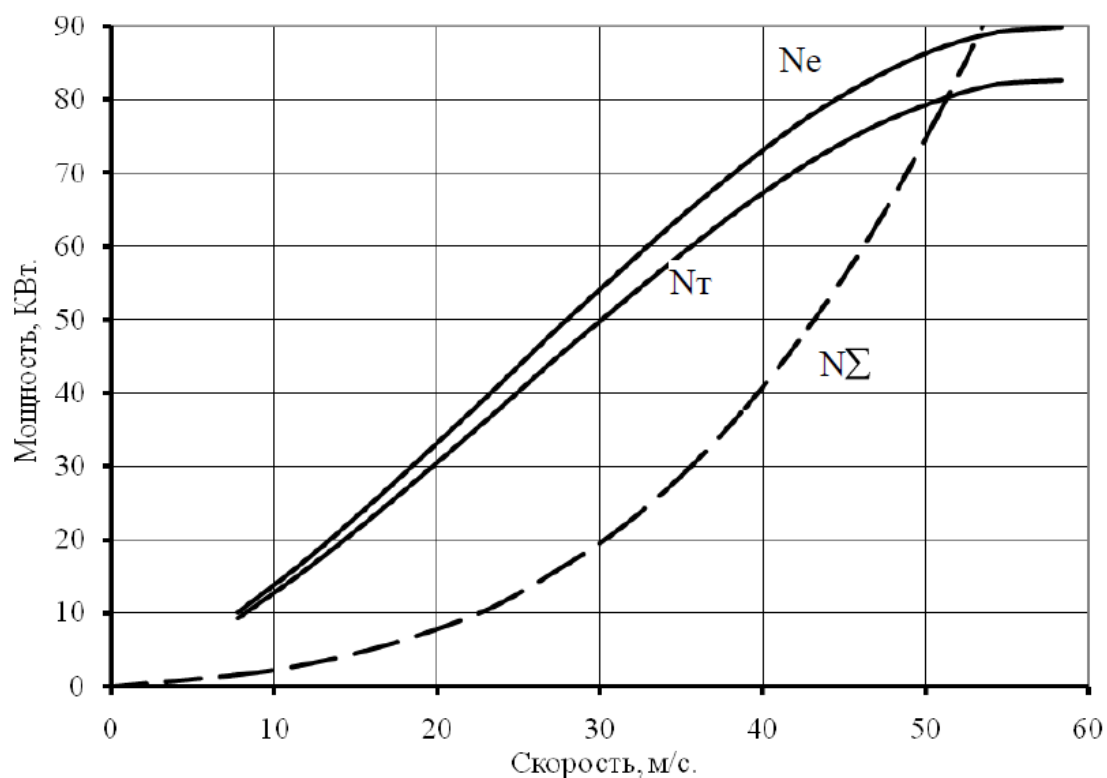


Рисунок 15 - Мощностной баланс на 5 передаче.

Концепция динамического коэффициента заключается в создании показателя, который, не имея размерности, связывает вес автомобиля с силой, которую его двигатель передает на колеса. Формула для его вычисления представлена ниже.

$$D = \frac{P_T \cdot P_B}{G_A} \quad (15)$$

Результаты расчета в таблице 6 и на рисунке 16.

Таблица 6 – Динамический фактор.

Скорость двигателя, об/мин.	Динамический фактор				
	I	II	III	IV	V
800	0,341	0,182	0,127	0,087	0,072
1200	0,376	0,201	0,139	0,095	0,077
1600	0,407	0,217	0,150	0,101	0,081
2000	0,432	0,230	0,158	0,105	0,083
2400	0,452	0,240	0,164	0,107	0,083
2800	0,467	0,247	0,168	0,107	0,081
3200	0,476	0,252	0,170	0,105	0,077
3600	0,481	0,253	0,169	0,102	0,071
4000	0,480	0,252	0,167	0,096	0,063
4400	0,475	0,248	0,162	0,089	0,054
4800	0,464	0,241	0,155	0,080	0,042
5200	0,448	0,231	0,146	0,069	0,029
5600	0,427	0,218	0,135	0,056	0,013
6000	0,401	0,203	0,121	0,041	-

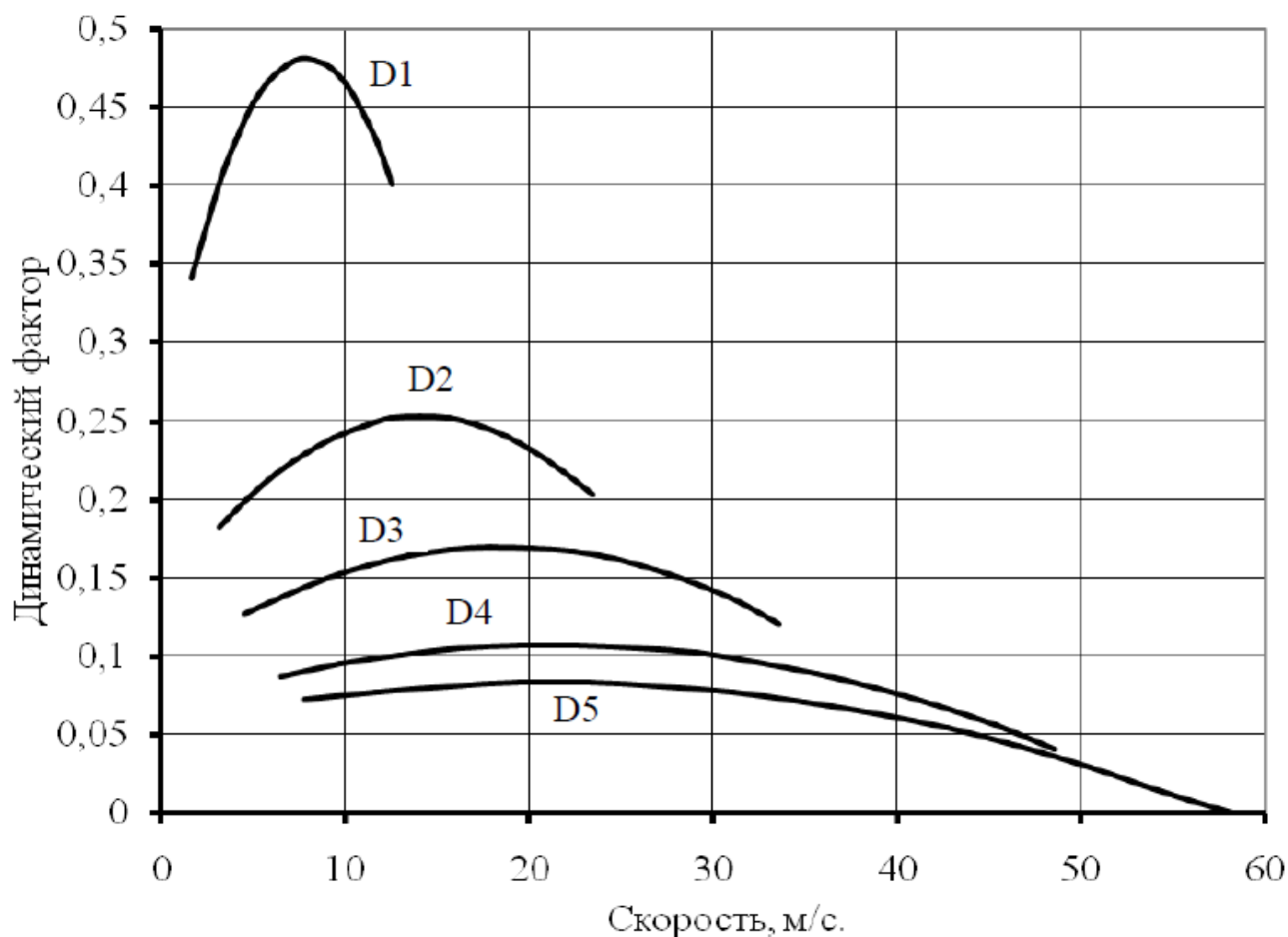


Рисунок 16 – Динамический фактор

Формулировка концепции ускорения транспортного средства включает расчет этого параметра для каждой из передач, и он выражается через следующую формулу:

$$J = \frac{D - f_k \cdot g}{\delta_{вр}}, \text{ м/с}^2 \quad (16)$$

В этом контексте: $\delta_{вр}$ обозначает коэффициент, который принимает во внимание массу вращающихся частей двигателя, и его значение вычисляется отдельно для каждой ступени передачи с использованием следующего уравнения:

$$\delta_i = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_i^2) \quad (17)$$

В данном случае δ_1 и δ_2 являются безразмерными коэффициентами, для которых установлено значение 0,03. С результатами вычислений можно ознакомиться в таблице 7 и на иллюстрации 17.

Чтобы определить время ускорения, требуется составление диаграмм "инверсных" ускорений. «Поскольку ускорение при достижении максимальной скорости стремится к нулю, расчеты инверсных ускорений проводятся с использованием скоростного предела в диапазоне $(0,8 \div 0,9)V_{\text{MAX}}$ » [1]. Результаты этих вычислений будут представлены в таблице 8 и на диаграмме, изображенной на рисунке 18.

Таблица 7 – Ускорение автомобиля.

Скорость двигателя, об/мин.	Ускорение автомобиля				
	I	II	III	IV	V
800	2,27	1,47	1,05	0,70	0,57
1200	2,51	1,63	1,16	0,77	0,61
1600	2,72	1,76	1,25	0,82	0,64
2000	2,89	1,87	1,32	0,86	0,65
2400	3,03	1,96	1,37	0,87	0,64
2800	3,13	2,02	1,41	0,87	0,61
3200	3,20	2,06	1,42	0,84	0,57
3600	3,23	2,07	1,41	0,80	0,50
4000	3,22	2,05	1,38	0,74	0,41
4400	3,18	2,02	1,33	0,66	0,30
4800	3,11	1,95	1,27	0,56	0,18
5200	3,00	1,87	1,18	0,45	0,03
5600	2,86	1,75	1,07	0,31	-
6000	2,68	1,62	0,94	0,16	-

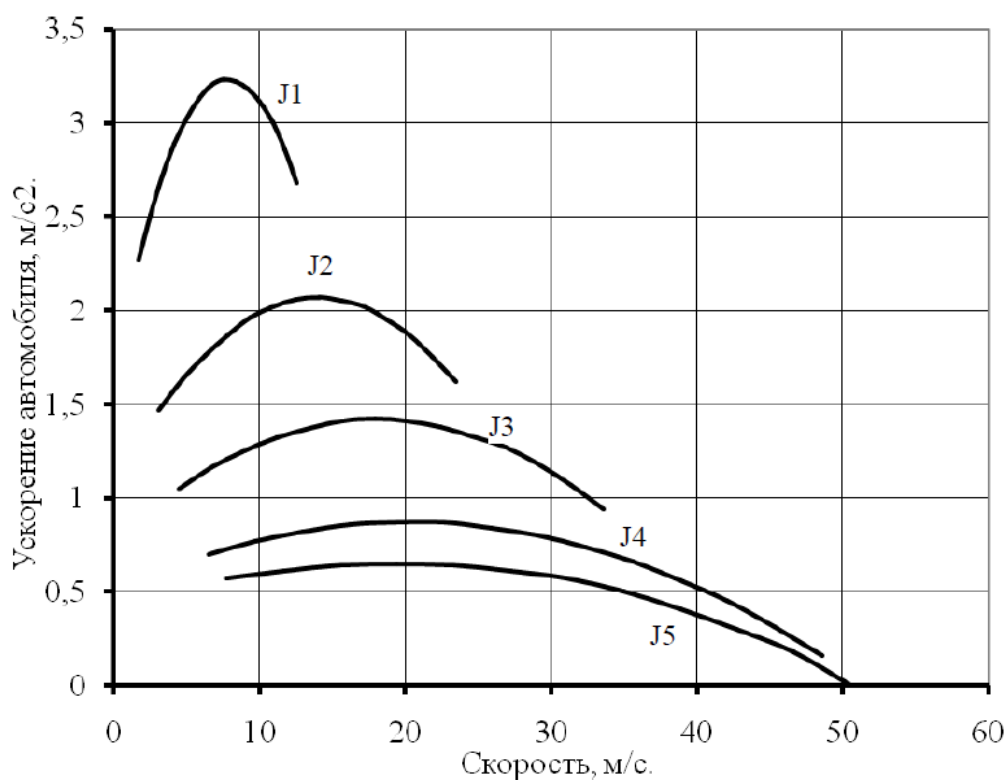


Рисунок 17 - Ускорение автомобиля

Таблица 8 – Обратное ускорение автомобиля.

Скорость двигателя, об/мин.	1/J				
	I	II	III	IV	V
800	0,44	0,68	0,96	1,42	1,77
1200	0,40	0,61	0,86	1,29	1,63
1600	0,37	0,57	0,80	1,21	1,55
2000	0,35	0,53	0,76	1,17	1,53
2400	0,33	0,51	0,73	1,15	1,55
2800	0,32	0,50	0,71	1,16	1,63
3200	0,31	0,49	0,70	1,19	1,77
3600	0,31	0,48	0,71	1,25	2,01
4000	0,31	0,49	0,72	1,35	2,44
4400	0,31	0,50	0,75	1,51	3,29
4800	0,32	0,51	0,79	1,77	5,62
5200	0,33	0,54	0,85	2,23	-
5600	0,35	0,57	0,94	3,19	-
6000	0,37	0,62	1,06	6,21	-

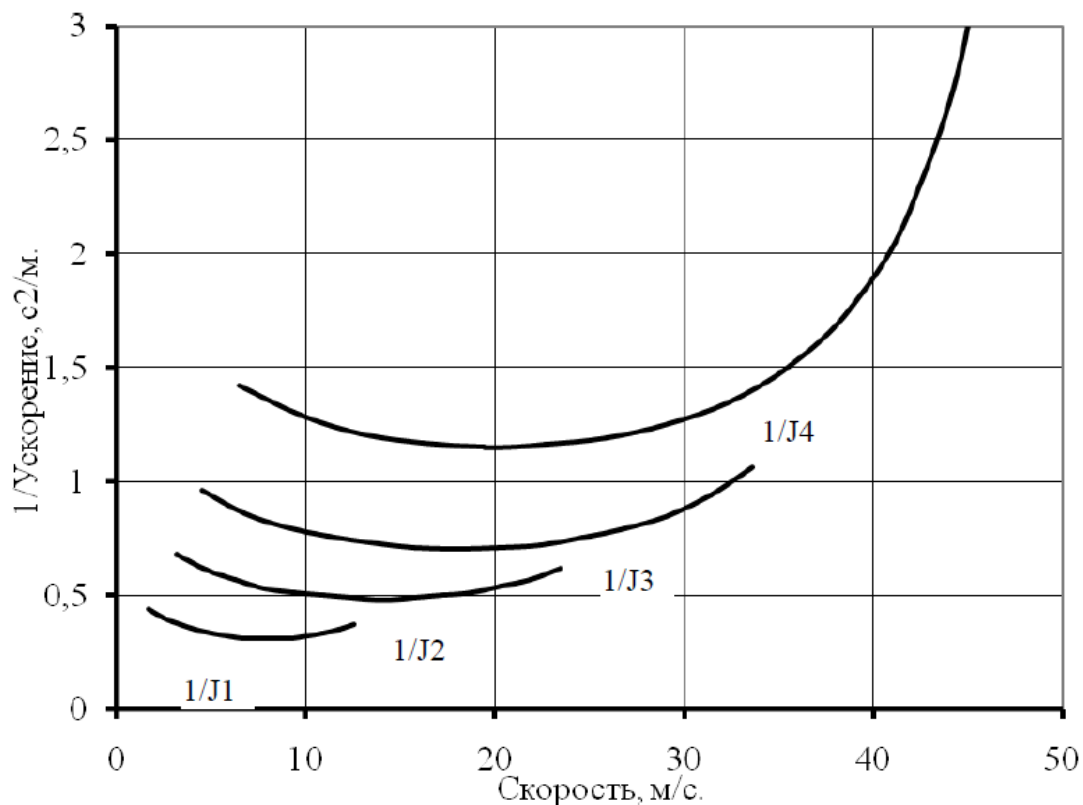


Рисунок 18 - Обратное ускорение автомобиля.

Чтобы вычислить время, необходимое для ускорения автомобиля до определенной скорости, необходимо выполнить интегрирование значений инверсных ускорений. Используя формулу, представленную ниже, мы можем определить этот временной интервал.

$$\Delta t = \int_{V1}^{V2} \frac{1}{J} dV \quad (18)$$

Результаты вычислений отображены в соответствии с установленным масштабом на диаграмме, которая представлена в таблице 9, и иллюстрируются на изображении 19.

Таблица 9 – Время, затрачиваемое на разгон автомобиля.

Диапазон скорости, м/с.	Площадь, мм2.	Время, с.
0-5	276	1,53
0-10	546	3,03
0-15	899	4,99
0-20	1339	7,43
0-25	1893	10,52
0-30	2616	14,53
0-35	3572	19,84
0-40	5027	27,93

«Так же производится графическое интегрирование зависимости» [10]

$$t = f(V).$$

Дистанция, которую автомобиль преодолел, устанавливается по следующей формуле:

$$\Delta S = \int_{t_1}^{t_2} V dt \quad (19)$$

Вычисленные данные представлены в табличном формате под номером 10 и визуализированы на рисунке 19.

Таблица 10 – Путь разгона автомобиля.

Диапазон времени, с.	Площадь, мм2.	Путь, м.
0-5	67	4
0-10	269	15
0-15	719	40
0-20	1506	84
0-25	2721	151
0-30	4701	261
0-35	7821	434
0-40	13333	741

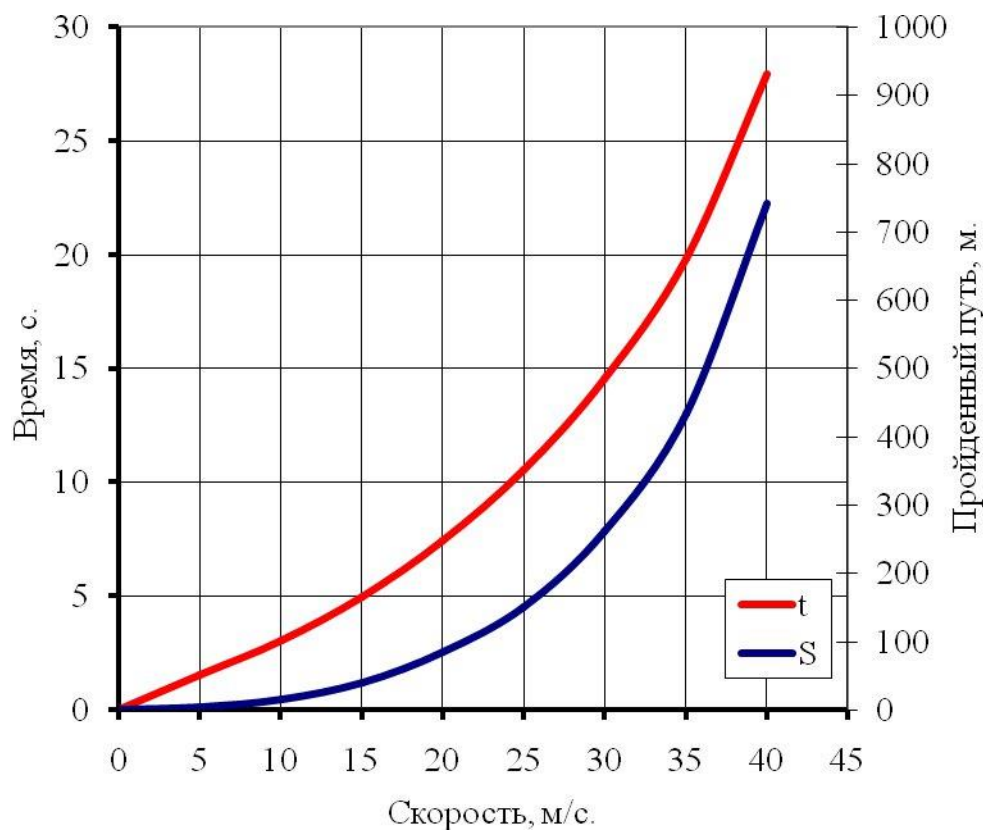


Рисунок 19 - Зависимость времени и пути от скорости автомобиля.

Проанализировав полученные данные в процессе расчёта, можно говорить том, что динамические и тяговые свойства рассматриваемого автомобиля вполне соответствуют реальным показателям и разгонная динамика на высоком уровне.

Выводы по разделу.

Выполнен тягово-динамический расчёт карьерного самосвала.

Тягово-динамический расчет карьерного самосвала является важным этапом проектирования и эксплуатации техники в горнодобывающей промышленности.

Этот расчет проводится для определения необходимой мощности двигателя, выбора оптимальной передачи, расчета тяговых характеристик и других параметров, которые влияют на эффективность работы транспортного средства.

3. Конструкторская часть

3.1 Особенности детали Ниша запасного колеса

«Деталь представляет собой подковообразную форму с высокой глубиной вытяжки. Также, в детали имеются отверстия под слив краски и крепежные изделия. Изображение математической модели детали изображено на рисунке 20.» [1]

«Деталь «Ниша запасного колеса» – Это внутренняя корпусная деталь автомобиля с толщиной стенки 0,7 мм. За материал заготовки выбрана сталь DC04 EN 10130. Подробнее материал заготовки расписан в пункте 3. Основное назначение детали – это обеспечение жесткости конструкции всего автомобиля и хранение запасного колеса.» [1]

«Для проектирования детали будут использоваться специализированные программы CATIA и CADIX.» [1]

«Программа CATIA активно используется в отделе проектирования кузова как для моделирования деталей. Программа CADIX активно используется в отделе технологии штамповки как для проверки и создания самого технологического процесса на основе присланной инженерами-конструкторами детали.» [1]

«При планировании технологического процесса изготовления детали в программном обеспечении будет проведена симуляция основных операций, включая вытяжку, вырубку, пробивку и другие штамповочные процессы. Результаты этой симуляции будут зависеть от разработанной инженером-технологом методики и влиять на конечный результат производства. В случае, если технологический процесс не гарантирует изготовление детали без дефектов, инженеры-конструкторы получают запрос на изменение конструкции детали.» [1]

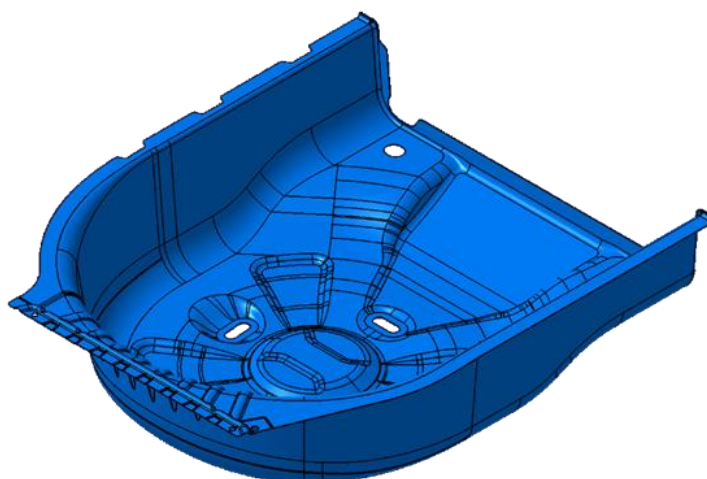


Рисунок 20 – электронная модель «Ниша запасного колеса»

3.2 Вытяжные инструменты

Важнейший этап исследования является процесс вытяжки, который является одним из самых сложных в мире металлообработки. В то время как другие этапы, такие как фланцевание, пробивка отверстий и обрезка, могут показаться более простыми и менее трудоемкими, операция вытяжки требует особого внимания и оптимизации.

Вытяжка — это процесс, при котором плоская заготовка преобразуется в что-то совершенно новое с помощью специальных вытяжных штампов. «Штампы – это инструменты, которые изменяют форму листового металла, давая ему новое воплощение через пластическую деформацию. И за этим процессом стоят две главные вещи: верхняя и нижняя плиты. Верхняя – это своего рода "шапочка" прессы, к которой крепится верхняя часть штампа, а нижняя – это та неподвижная плита, которая служит основанием, или болстером.» [1] Вместе они превращают лист металла в деталь нужной формы.

Для того чтобы успешно пройти через эти технологические этапы, нужна программа CADIX, которая поможет расчетно продвинуться вперед.

«Вытяжка будет осуществляться с помощью составных частей штампа: матрицы, пуансона и прижима.» [1]

«Каждая часть штампа должна иметь достаточную и необходимую контактную жесткость и твердость, что позволит более длительную эксплуатацию при изготовлении деталей на производстве, они не должны быстро выходить из строя или подвергаться деформации при работе.» [1]

«Иначе любое изменение геометрии рабочего инструмента приведет к отклонению при изготовлении нужной формы детали по чертежу. Для избежания повреждений рабочих составляющих штампа можно обеспечить оптимальным выбором материала инструмента.» [1]

«Штампы изготавливают методом отливки с припуском на механическую обработку. Отливка учитывает воздушные карманы внутри штампа, что уменьшит затраты металла и вес всего инструмента в целом.» [1]

«При необходимости штампы можно дорабатывать или обеспечивать замены отдельного его элемента.» [1]

Выбор материала рабочих элементов штампа более подробно расписан в пункте 4.

«Матрица – элемент штампа, об который пуансон формирует изделие. Матрица повторяет собой форму детали и при необходимости задает зазоры.

Матрица может крепиться как к верхней, так и к нижней плите штампа в зависимости от поставленной задачи» [1].

«Изображение математической модели матрицы из программы CADIX показано на рисунке 21.

Матрица может крепиться как к верхней, так и к нижней плите штампа в зависимости от поставленной задачи» [1]

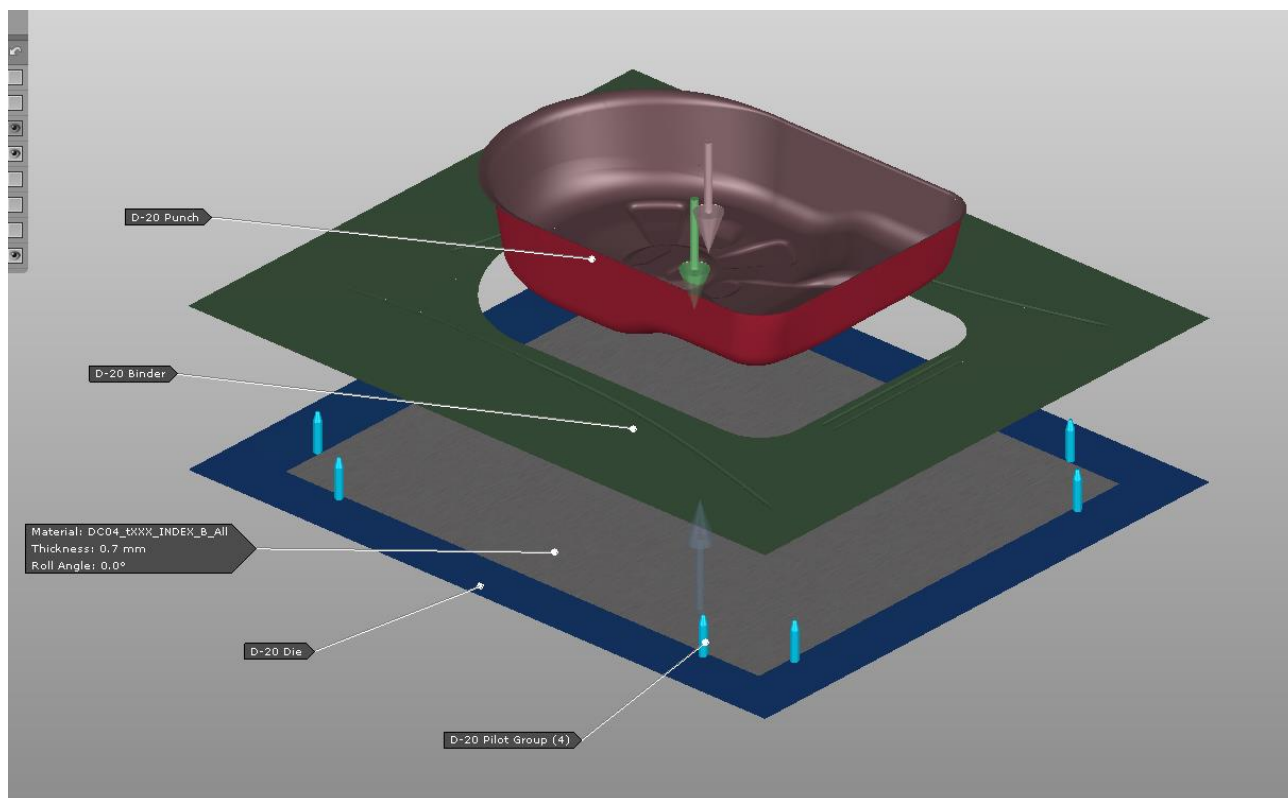


Рисунок 21 – Матрица детали «Ниша запасного колеса»

«Пуансон – элемент штампа, который формирует изделие. Специальная конструкция, которая совпадает с профилем матрицы. Форма пуансона имеет истинные размеры детали со своими допусками, а зазоры задаются матрицей.» [1]

«Прижим – Элемент штампа, который осуществляет зажатие заготовки перед осуществлением операции вытяжки. Также в обрезающих операциях прижим называют съемником, так как перед началом операции прижимает заготовку, предотвращая ее сдвиг, а после обрезки обеспечивает выталкивание перехода из рабочих частей штампа.» [1]

«Аналогично матрице или пуансону, может крепиться на нижнюю или верхнюю плиту штампа, показано на рисунке 21.» [1]

«Заготовку помещают между прижимом и матрицей. Расположение заготовки и инструментов изображено на рисунке 21. После чего

осуществляется закрытие инструментов для формования детали из листового металла.» [1]

«При решении нашей задачи мы должны учитывать то, что вытяжка детали «Ниша запасного колеса» будет не простого действия, а вытяжкой двойного действия. Конкретно меняется ориентация инструментов. В данном случае матрица находится на болстере и является неподвижной.» [1]

«Прижим, при данном способе вытяжки, крепится к наружному ползуну пресса, а пуансон к внутреннему. Первично в движение приходит прижимная плита, являющаяся наружным ползуном пресса, и зажимает заготовку по всей поверхности с матрицей. После происходит движение, и внутренняя часть ползуна пресса непосредственно производит сам процесс вытяжки.» [1]

«Во время движения внутреннего ползуна с пуансоном прижим остается неподвижным. Обратное движение начинается с пуансона, после небольшой задержки приводится в движение наружный ползун с прижимом. Вытяжной переход остается в матрице.» [1]

«Извлечение перехода из матрицы осуществляется без участия человека с помощью матрица-подъемниками с ходом от 60 до 100 мм, механическая рука пресса зажимает переход и подает его на транспортер, который расположен между прессами разных операций. Для обеспечения безопасной транспортировки перехода устанавливается роликовая дорожка (транспортная лента), по которой переход скатывается на транспортер. Более подробно о прессовом оборудовании и его оптимальном выборе для нашей детали рассмотрим в пункте 4 прессовое оборудование.» [1]

3.3 Дефекты при вытяжке

«Дефекты, возникающие в процессе производства, вызываются рядом причин, которые можно поделить на следующие виды:» [1]

Дефект по вине рабочего – возникает на производстве при традиционной ручной штамповке без автоматических линий подачи. Рабочий самостоятельно кладет заготовку под пресс и самостоятельно вытаскивает ее

на следующую операцию. Сам же дефект возникает из-за человеческого фактора, таких как – невнимательность или несвоевременная чистка рабочего места.» [1] «Захламленность и грязь на рабочем месте может привести к застреванию в штампе инородных тел или отходов производства прошлых операций, которые, в свою очередь, способны помять, оставить отпечатки и царапины на будущей детали. Дефекты материала – Обусловлены несоответствием исходного материала техническим требованиям штампуемости, толщине и качеству поверхности.» [1]

«Дефекты, связанные с качеством изготовления или ремонта – являются наиболее частыми причинами брака на производстве. Они обоснованы неправильной регулировкой и настройкой штампов, износом и поломкой вытяжных инструментов. Неправильной наладкой инструментов и так далее.» [1] «Дефекты, связанные с несоответствием технологии изготовления. – не соблюдена правильная последовательность операций, несоответствие габаритов заготовки.» [1]

«Основные дефекты, возникающие в процессе вытяжки – Это утонение, разрыв металла, складки.» [1]

«Пример разрыва металла на математической модели в симуляции процесса вытяжки программой CADIX изображен на рисунке 22.» [1]

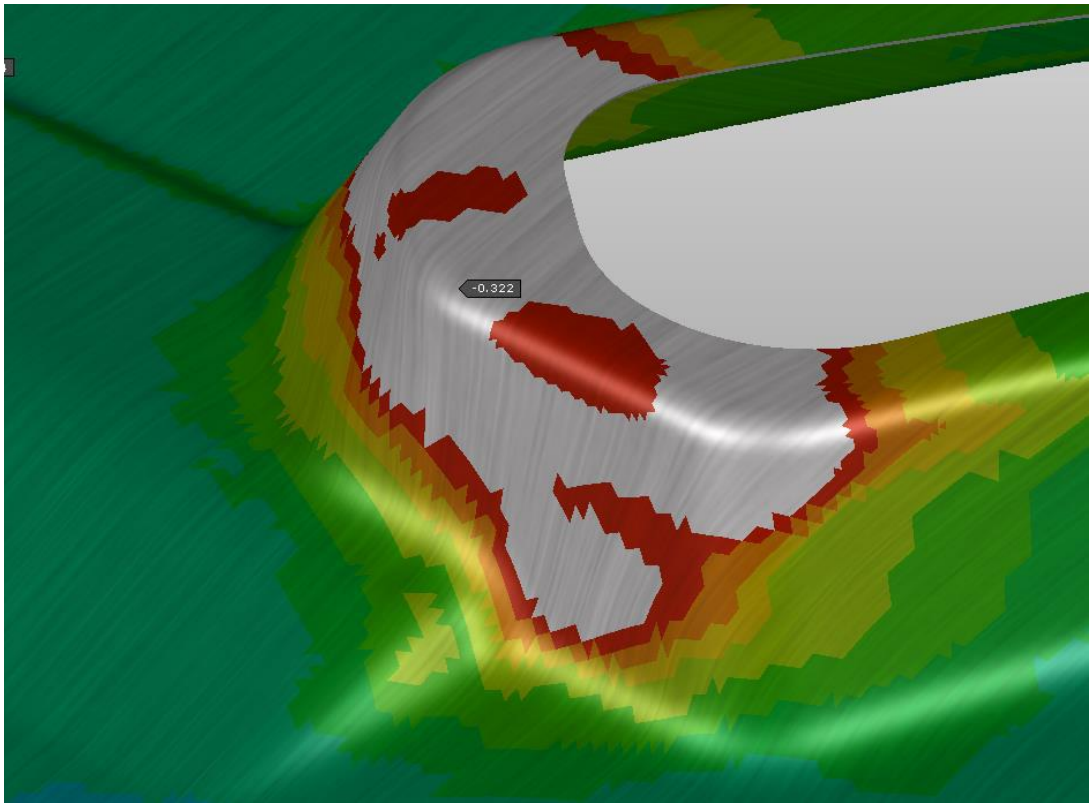


Рисунок 22 - Пример разрыва металла на математической модели в симуляции процесса вытяжки

«Разрыв может образоваться из-за сильного утонения металла, который, в свою очередь, появляется из-за маленьких радиусов или крутых углов детали. Также утонение может проявляться в подштамповках и тому подобных конструкторских элементах детали.

Пример разрыва металла при вытяжке на производстве изображен на рисунке 23.» [1]

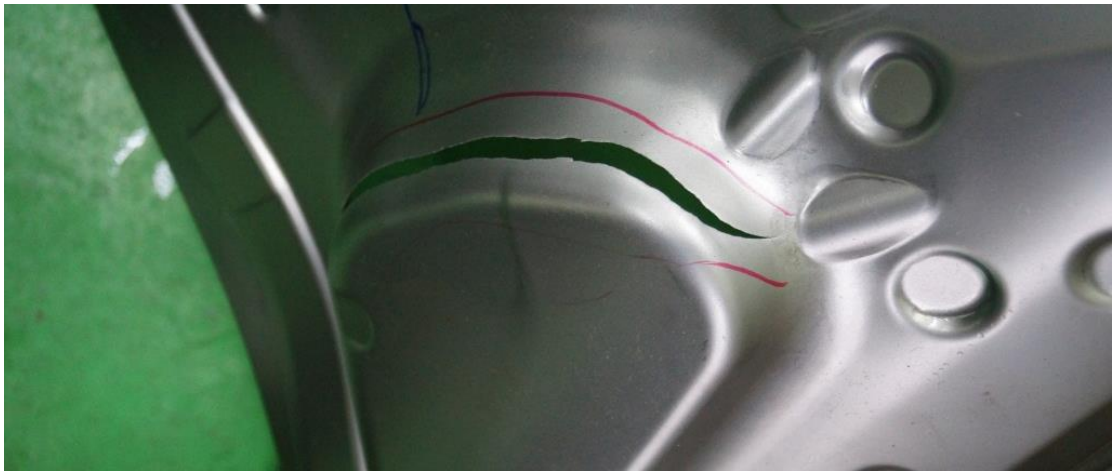


Рисунок 23 – Разрыва металла после вытяжки на производстве

«Пример утонения металла на математической модели в симуляции процесса вытяжки изображен на рисунке 24.» [1]

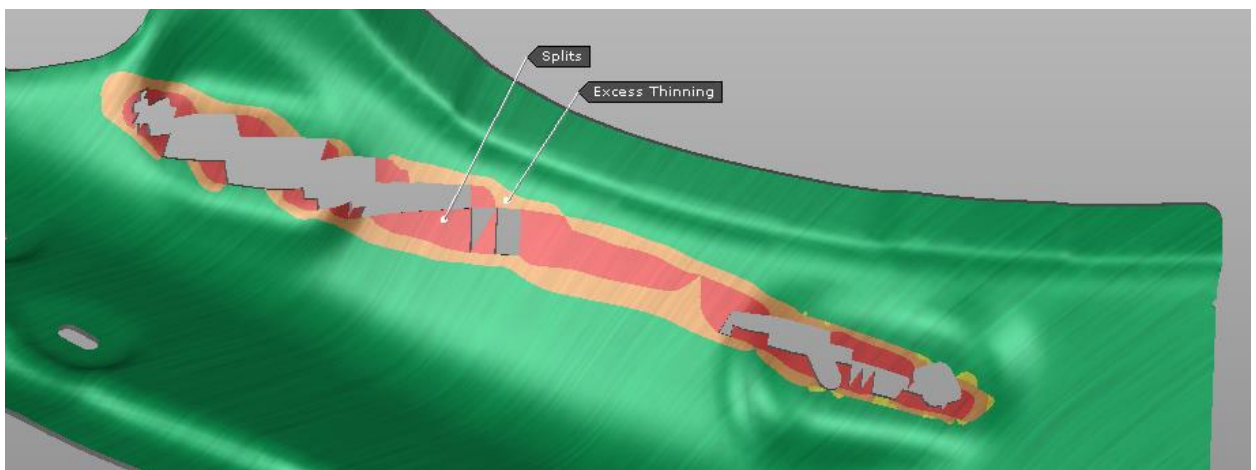


Рисунок 24 – Утонение металла после симуляции втяжки в программе

Пример утонения металла при вытяжке на производстве изображен на рисунке 25.

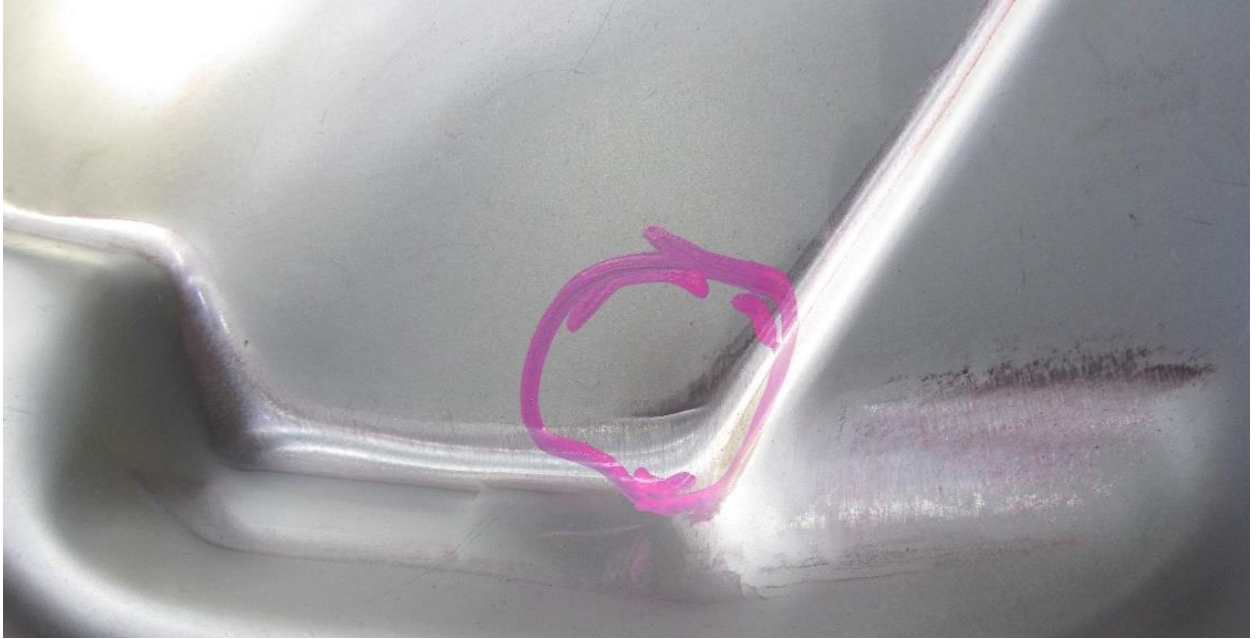


Рисунок 25 – Утонение металла при вытяжке на производстве

«Складкообразование металла представляет из себя волнообразные скопления металла в одной точке. Возникает, если в зоне их образования, преимущественно, преобладают сжимающие силы. Их скопление, обычно, возле радиусов выступов или резкого ухода геометрии в глубину.» [1]

«Для предотвращения складкообразования металла необходимо использовать эффективную схему торможения заготовки и достаточное усилие при вытяжке детали.» [1]

3.4 Вытяжка заготовки с применением перетяжных рёбер и устранение проблем с формуемостью и утонением заготовки

Проблемы формуемости

«Проверить наличие дефектов детали «Ниша запасного колеса» можно с помощью симуляции процесса вытяжки программой CADIX.» [1]

«Загрузим электронную модель нашей детали, которую мы нарисовали в программе CATIA в программу CADIX.» [1]

«Для симулирования процесса вытяжки программа CADIX может автоматически смоделировать элементы штампа, такие как пунсон, матрица и прижим, но, при необходимости их можно изменить.» [1]

«Если геометрия детали в результате изменения вытяжных инструментов будет изменена, то это может повлиять на сборку автомобиля в целом.» [1]

«В данной работе не будет происходить изменение рабочих зон вытяжных инструментов, которые непосредственно формируют саму деталь.» [1]

«Проведем симуляцию процесса вытяжки в программе CADIX.

Полученная математическая модель после симуляции представляет собой вытяжной переход, который будет отправлен на последующие операции, пока не будет получена готовая деталь.» [1]

«В программе можно отслеживать формуемость детали, чтобы получить полноценную информацию о разных зонах вытяжного перехода и предугадать в каких местах на производстве может оказаться брак.» [1]

3.5 Проблемы утонения

«Помимо рисков возникновения разрыва металла также и существуют зоны с утонением. Утонение может привести к потере жесткости конструкции, образованию «Хлопунов» и зазору между стыками соседних деталей в сборке автомобиля. Чем меньше процент утонения, тем более плотно прилегают друг к другу детали, что уменьшает вибрацию при эксплуатации автомобиля.» [1]

«Места с утонением в основном расположены на подштамповках. В зависимости от материала и толщины заготовки допуски на процентное утонение может разниться. Нашим же материалом выступаем сталь DC04 с толщиной 0,7 мм.» [1]

«Для нашего материала толщиной 0,7 мм следует допустимое утонение величиной не более чем в 25%.» [1]

«Одной из причин повышенного риска возникновения утонения является поставка металла, которая будет отличаться. Обусловлено это тем, что химический состав будет постоянно, хоть и не значительно, но отличаться из-за погрешностей металлургического завода. Если не будет обеспечен запас на утонение, то на одной из поставок может возникнуть значительное количество бракованных деталей.» [1]

«Другой проблемой может выступать человеческий фактор, как неправильное или невовремя обслуженное прессовое оборудование. При эксплуатации прессовой линии после определенного количества отштампованных заготовок необходимо провести очистку прессы от скоплений грязного масла, скомканной пыли и мусора, мелких отходов металла и от застрявших крупных отходов.» [1]

«Температура заготовок и инструментов тоже влияет на утонение металла при вытяжке, особенно это влияние более существенно в холодные сезоны.» [1]

«При ручной линии подачи заготовки от того, насколько опытен оператор также будут зависеть показатели утонения металла.

При неправильном обслуживании станка или своевременном ремонте истертый инструмент также может привести к утонению металла.

Из-за всех этих факторов иметь запас на утонение металла позволит избежать превышение допуска на утонение при нарушении одних из факторов.» [1]

3.6 Перетяжные ребра

«Для выполнения операции вытяжки всегда необходимо выбирать оптимальную схему торможения заготовки. Если при выполнении процесса вытяжки есть необходимость применения дополнительных средств торможения, то их предусматривают на конструкции вытяжного штампа. Для увеличения торможения заготовки применяются перетяжные ребра или

пороги. В для решения нашей задачи будут рассматриваться перетяжные ребра.» [1]

«Перетяжное ребро – это элемент вытяжного технологического процесса, предназначенный для лучшего торможения заготовки. Конструктивно представляет из себя выступы и канавки на матрице и прижиме» [1]

«Перетяжные ребра предназначены для повышения качества детали получаемых путем вытяжки. Они предотвращают складкообразование, сокращают расход листового металла. Экономия металла происходит за счет того, что перетяжные ребра во время формообразования способствуют более интенсивному растяжению штампуемого металла из-за большего торможения заготовки. Следовательно, в увеличении заготовки для лучшего растяжения металла нет необходимости.» [1]

«При необходимости перетяжные ребра можно корректировать на производстве. Либо подтачивать их или наплавлять, доводя их размеры до требуемых к решению задачи. Это убирает необходимость полностью менять весь элемент штампа целиком, предотвращая расходы на полную себестоимость. Обычно, если толщина металла больше 2 мм, то необходимость в перетяжных ребрах отпадает, так как более толстые листы заготовки менее подвержены образованию складок.» [1]

3.7 Доводочные расчёты собственной частоты колебаний

Собственная частота колебаний тела — это характеристика, которая определяет скорость его колебаний или вибраций при возмущении или воздействии некоторой силы. Она зависит от свойств самого тела, таких как его масса и упругость материала.

Чтобы понять это понятие более подробно, представьте себе качающуюся качелю. Когда вы подаёте импульс, она начинает качаться вперед

и назад с определенной скоростью и частотой. Эта частота колебаний качели определяется ее собственной частотой.

Точно так же, каждый объект обладает своей собственной частотой колебаний, которая определяется его массой и упругостью. Чем меньше масса или чем жестче материал, тем выше собственная частота колебаний. Например, легкая и жесткая металлическая пружина будет иметь более высокую собственную частоту колебаний, чем тяжелая и мягкая резиновая пружина.

Это понятие играет важную роль в множестве областей, включая инженерию, физику и музыку.

Собственная частота колебаний тела имеет свои минусы и ограничения, которые стоит учитывать:

- Чувствительность к внешним воздействиям: при определенных условиях тело может колебаться с собственной частотой, что может привести к нежелательным последствиям. Например, резонансные явления могут возникнуть, когда воздействующая частота приближается к собственной частоте тела, что может привести к разрушению конструкции.

- Ограничения в применении: В некоторых ситуациях высокая или низкая собственная частота может быть нежелательной. Например, в музыкальных инструментах, собственная частота может определять тембр звука, и недостаточно или излишне высокая частота может привести к неудовлетворительному звучанию.

- Затраты: Изменение собственной частоты колебаний может потребовать значительных затрат на изменение свойств материала или конструкции тела.

- Сложность анализа: Расчет собственной частоты колебаний тела может быть сложным, особенно для сложных систем, где учитывается множество факторов, таких как форма, материал и внешние условия.

Несмотря на эти ограничения, понимание и учет собственной частоты колебаний тела является важным в инженерных и физических расчетах для обеспечения безопасности и эффективности различных конструкций и устройств.

Возьмём нашу нишу запасного колеса, загрузим в программу CADIX для расчёта колебаний на разных частотах в программе рисунки: 26, 27, 28, 29

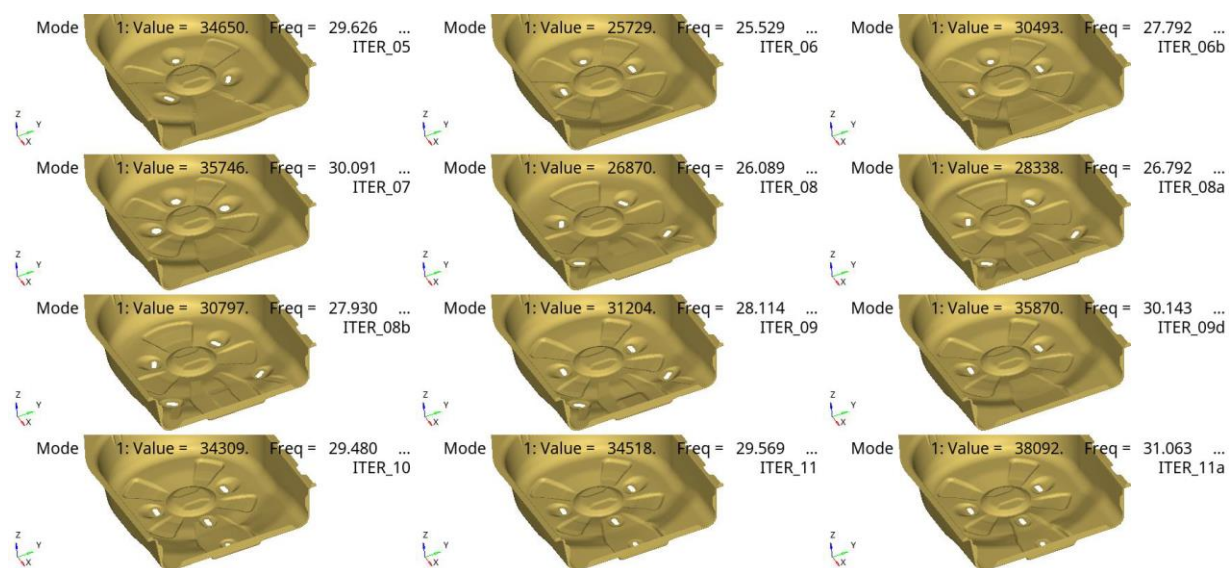


Рисунок 26 – Форма панели и собственная частота колебаний

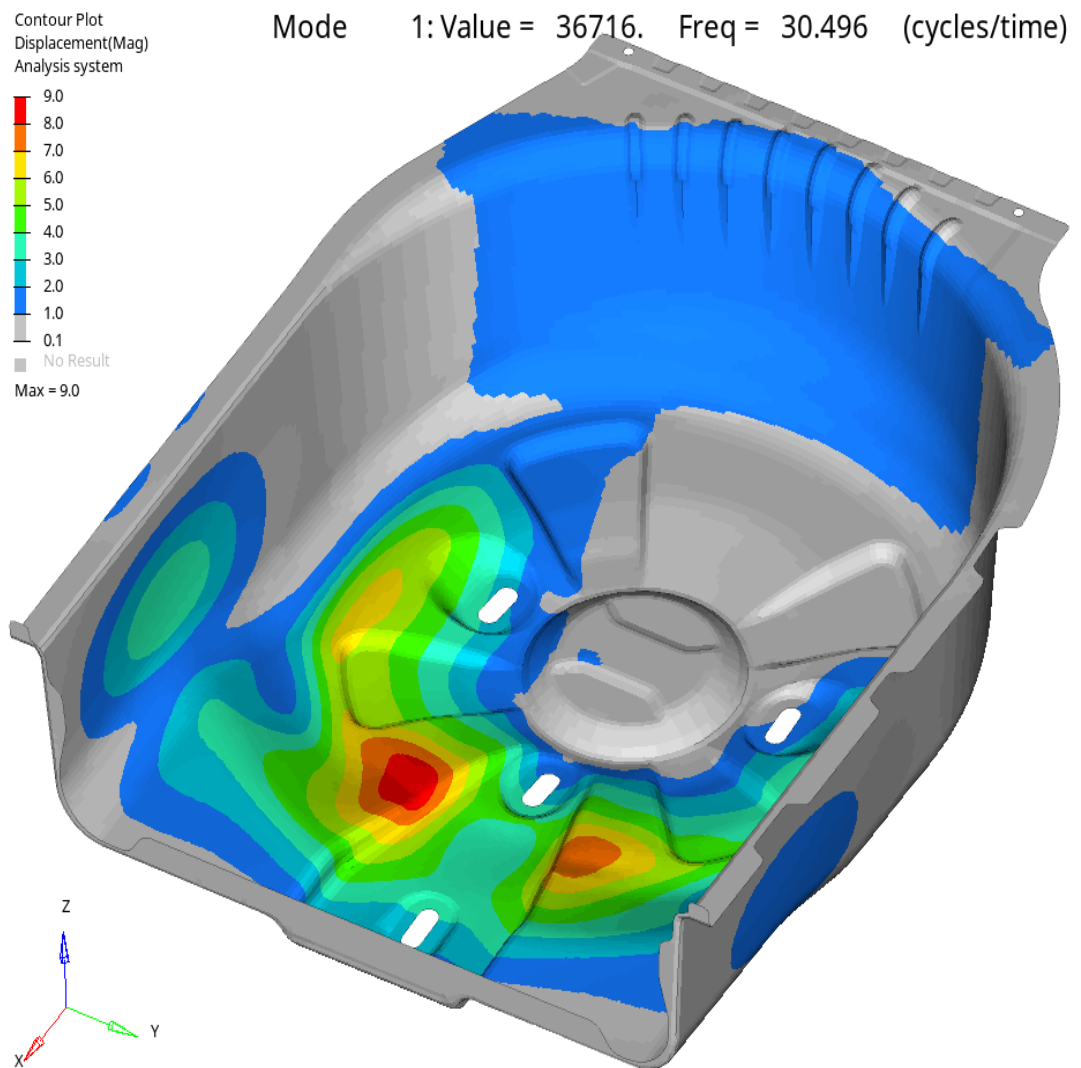


Рисунок 27 - Первая форма колебаний на частоте 30,5 Гц

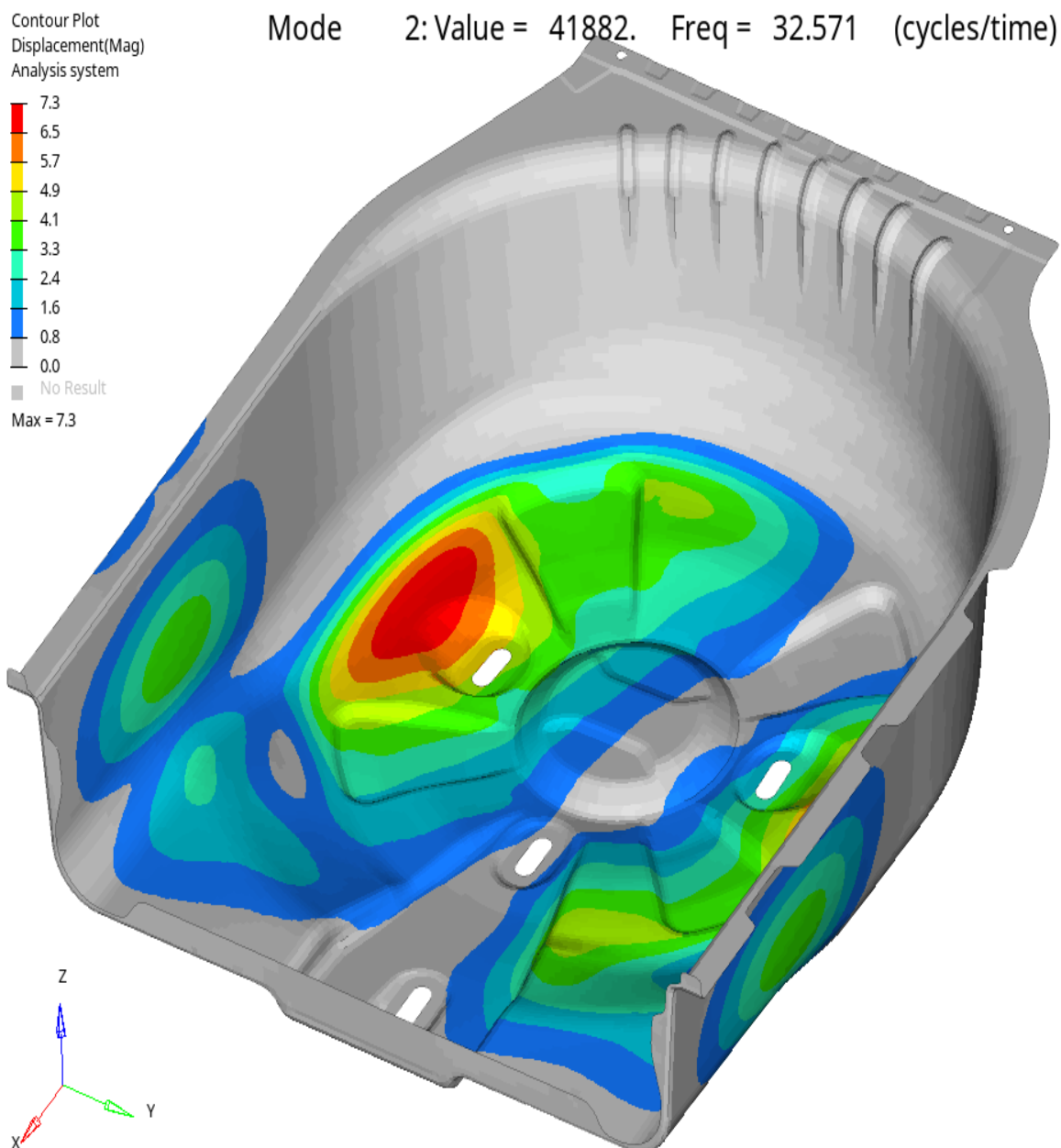


Рисунок 28 - Вторая форма колебаний на частоте 32,6 Гц

Тонкостенная поверхность ниши имеет высокую чувствительность к изменению формы рисунок 29. Рекомендуется увеличение высоты (глубины) подштамповки под пятном контакта с колесом (зелёным цветом).

Коричневым цветом – вариант ITER_12 рисунок 27 (30,5 Гц). Увеличение высоты до поверхности синего цвета – 31,1 Гц (ITER_11а рисунок 26) Наиболее весомый вклад в значение частоты для данной ниши является

глубина и форма задней подштамповки, а также положение сливных отверстий.

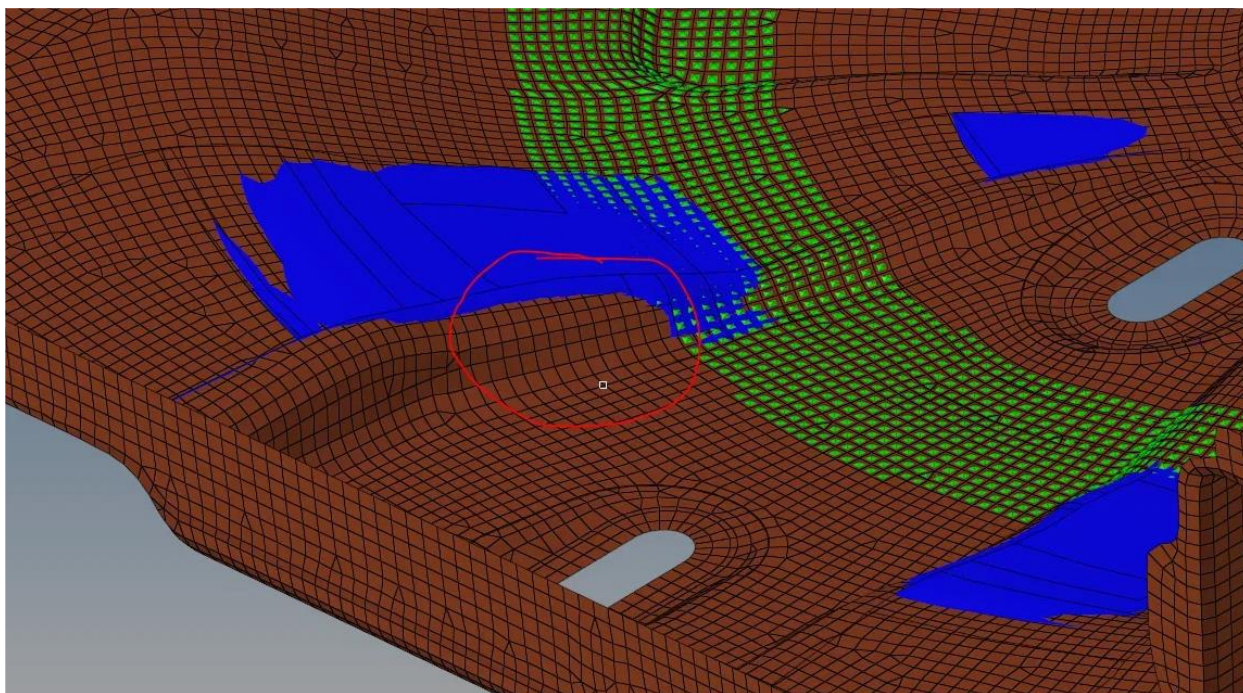


Рисунок 29 – Пятно контакта с запасным колесом

Вариант ITER_12 рисунок 27 соответствует требованиям по долговечности $30,5 \text{ Гц} > 30 \text{ Гц}$

Наиболее весомый вклад в значение частоты для данной ниши является глубина и форма задней подштамповки, а также положение сливных отверстий.

3.8 Результаты симуляции модели

«Для оценки эффективности оптимизации технологического процесса был проведен компьютерный анализ процесса вытяжки с помощью программы CADIX. Результаты проектного варианта представлены на рисунках 30, 31 и 32.» [1]

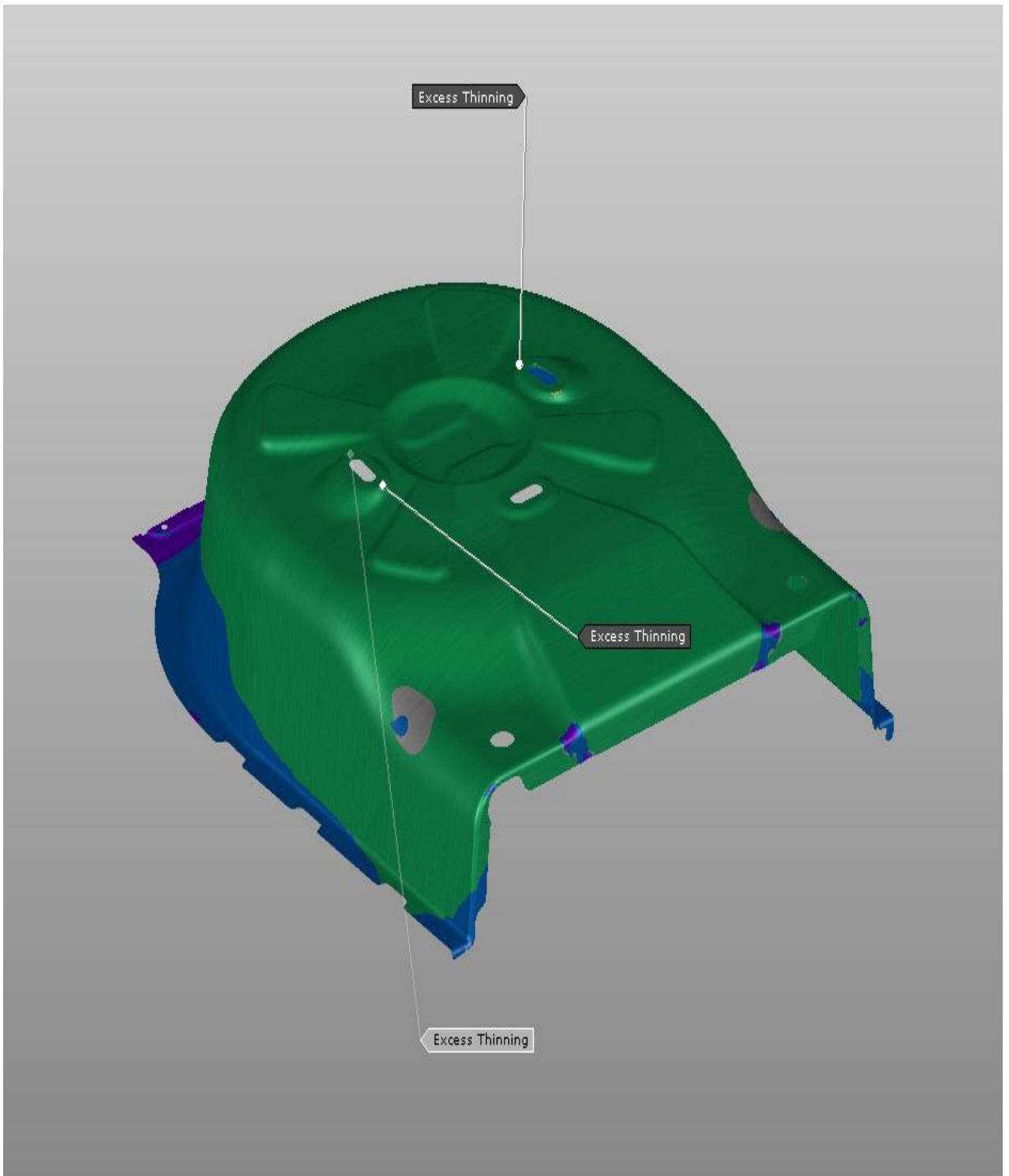


Рисунок 30 – Результат симуляции вытяжки

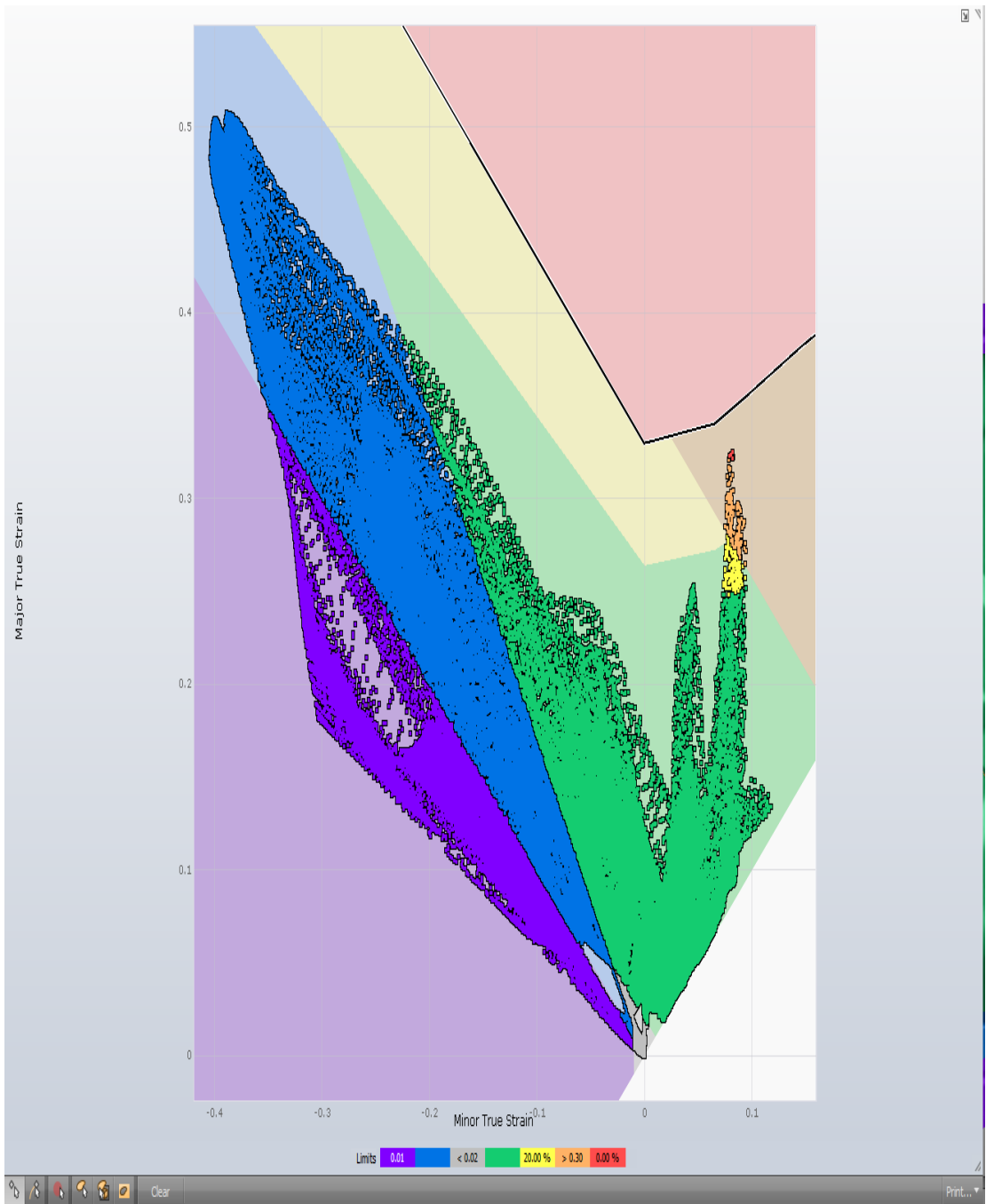


Рисунок 31 – Карта формемости металла

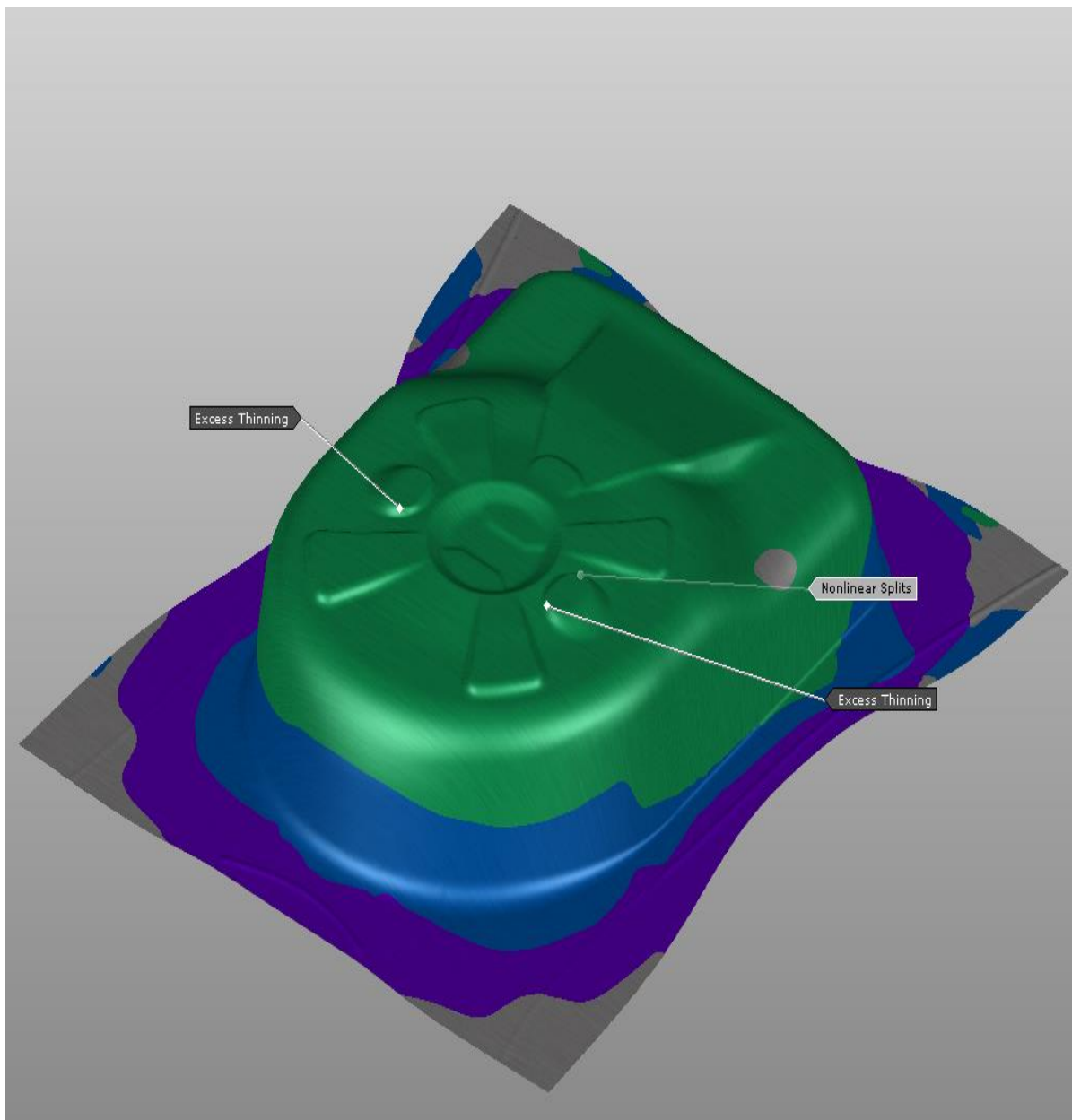


Рисунок 32 – Результат утонения металла

Выводы по разделу.

Симуляция процесса вытяжки при помощи программы CADIX дала положительные результаты. «Зоны риска образования скола не были обнаружены. По карте формуемости металла критические точки отсутствуют. Утонение металла в зонах подштамповок не превышает 20,5%, что даёт запас по утонению около 4,5%. Эти факторы положительно влияют на качество заготовки. Уменьшение зазоров между смежными деталями снижает количество создаваемых вибраций и шума в местах их стыка.» [1]

4. Технологическая часть

4.1 Материал заготовки и инструмента

«Выбор оптимального материала на массовом производстве является одной из основных задач при проектировании. Заготовка для прессового производства должна быть прочной и пластичной. Но материал, несмотря на пластичность, должен быть прочным и выдерживать все вредные эксплуатационные факторы, например, такие как погода». [15]

«Технологический процесс должен выполнять требования выпуска высококачественной продукции при минимальных расходах на изготовление. Из-за чего важное место в качестве и экономичности изготавливаемой продукции занимают физико-механические свойства материала». [15]

«Наиболее выгодный вариант при выборе материала — это использование для холодной штамповки малоуглеродистой качественной или нестареющей стали». [15]

«Как описывалось ранее, за материал заготовки взята марка стали DC04. Сталь DC04 – холоднокатаная нелегированная сталь, пригодная для холодной штамповки, по стандарту EN 10130. Сталь сочетает высокие показатели пластичности с хорошей прочностью.» [15] «Свойства стали запишем в таблицы 11 и 12.

Таблица 11. Химический состав DC04

C	Mn	P	S	Si
max.	max.	max.	max.	max.
%	%	%	%	%
0,08	0,40	0,025	0,025	0,025

Таблица 12. Физические свойства стали

Минимальный предел текучести Re min (МПа) Толщина 0,7-3,0 мм	Предел прочности на растяжение Rm (МПа)	Минимальное относительное удлинение σ ($L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$), %
210	270-350	40

«Возьмём условный предел текучести, в нашем случае он равен 210 МПа. Для данной величины напряжения следует выбрать коэффициент трения равный 0,16.» [15]

«Предотвращение старения стали будет обеспечено удалением кислорода при выплавке путем раскисления. В данном случае в стали DC04 используется Mn и Si. Вредные примеси как сера и фосфор присутствуют в стали, но их количество минимально, чтобы они могли значительно повлиять на физико-механические свойства материала». [15]

Рассмотрим диаграмму железо-углерод, изображенной на рисунке 33.

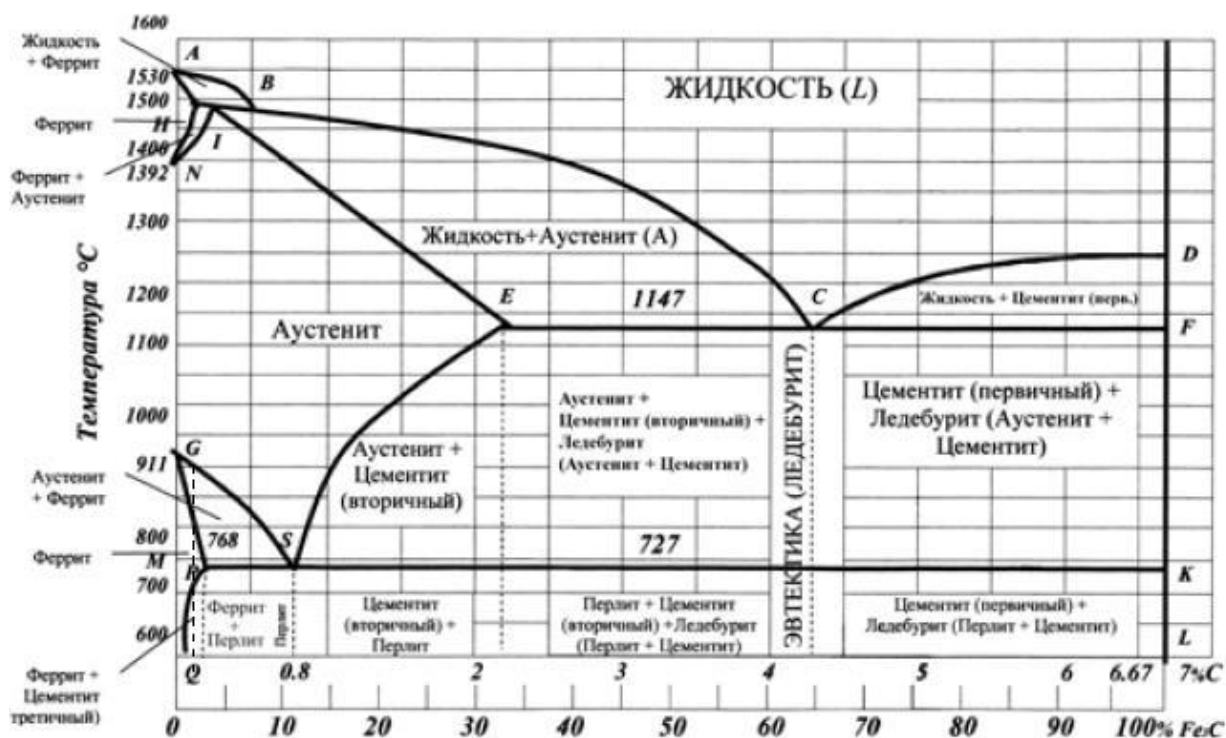


Рисунок 33 – Диаграмма железо – углерод

«При охлаждении материала будет обеспечена структура феррита и перлита. Данная структура с содержанием феррита будет обладать хорошими пластинчатыми свойствами, что позволяет использовать листовой металл из стали DC04 на любом прессе. Также данная структура хорошо поддается сварке». [15]

Влияние углерода.

«После медленного охлаждения фаза стали будет составлять феррит цементит. Цементит пропорционально растет на фоне углерода в стали в процентном соотношении. Наличие структурно-свободного цементита будет неблагоприятно сказываться на пластичности стали. Но его небольшое количество не будет препятствовать хорошей штампуемости детали». [15]

«Еще из хороших свойств углерод облегчает переход стали в хладноломкое состояние. Около 0,1% C повышает этот порог хладноломкости на 20 °C, что может быть использовано в специализированных случаях». [15]

Влияние кремня и марганца.

«Данные примеси обеспечивают раскисление стали при выплавке и выходят в виде окислов шлаком». [15]

«Но, также, оставшейся кремнь после окисла будет плохо влияет на вытяжку при штамповке, из-за чего содержания кремня должно быть пониженным». [15]

Влияние алюминия.

«Повышает сопротивление стали к старению. Позволяет образовывать мелкозернистую структуру. Увеличивает окалиностойкость». [15]

Влияние азота, кислорода и водорода.

«Данные неметаллические включения являются концентраторами напряжений, что снижает предел выносливости и вязкости разрушения».

«Отдельно можно отметить вредность водорода в стали. Он не только делает сталь более хрупкой, но и обеспечивает появление флокенов. Флокеном является мелкая и тонкая трещина овальной формы. Имеют вид пятен или хлопьев серебристого цвета. Из-за них свойства стали резко ухудшаются, из-за чего металл с флокенами использовать в производстве нельзя». [15]

Влияние серы.

«Сера выступает вредной примесью в стали. Она снижает механические свойства как ударную вязкость и пластичность. Минимальное усилие развития трещины также будет снижено из-за содержания серы. Будет снижена свариваемость и коррозионная стойкость». [15]

Содержание серы не должно превышать 0.06%.

Влияние фосфора.

«Фосфор является вредной примесью, и содержание его в стали допускается не более 0.025 – 0.045%. Вредное влияние фосфора усугубляется тем, что он обладает большой склонностью к ликвации». [15]

«Вследствие этого в срединных слоях слитка отдельные участки обогащаются фосфором и имеют резко пониженную вязкость.

Фосфор выступает в роли вредной примеси. Его содержание не должно превышать 0,045%. Фосфор склонен к ликвации, из-за чего в слоях слитка отдельные участки имеют резко пониженную вязкость». [15]

Термическая обработка полуфабрикатов и изделий.

«Для оптимизации процесса штамповки необходимо провести термообработку холоднокатаного листа. Производя разупрочнение, стали будет обеспечена лучшая штампуемость, ее производят на заводе – поставщике. Проводиться рекристаллизационный отжиг стали при температуре от 640 °С до границы A_{c1} ». [15]

«Рекристаллизационный отжиг предназначен специально для холоднодеформированного металла. Уменьшение прочности и увеличение пластичности, снятие наклепа из-за холодной деформации. Из-за наличия алюминия в стали H220P процесс рекристаллизации будет замедленным, из-за чего сталь отжигают вблизи температуры A_{c1} что придает дополнительное сопротивление старению. Длительность и выдержка нагрева зависят от перепадов температуры по сечению рулона. Скорость охлаждения не оказывает существенного воздействия на геометрию на фазовые составляющие, такие как феррит и цементит, но это повлияет на свойства стали, так как происходит выделение азота и углерода из феррита. Повышенная растворимость в интервалах температур для: углерода – 400 ... 720 °С; для азота – 600 ... 800 °С. Для ликвидации свойств стали к старению, охлаждение стоит проводить с медленной скоростью, не выше, чем 40 °С/час». [15]

4.2 Материал инструментов

«Материал для рабочего элемента следует учитывать из условий: Материала заготовки подлежащего штамповке, режиму работы оборудования, стойкости материала». [31]

«Сам материал оценивается на растяжение, изгиб, смятие и усталостную нагрузку». [31]

«В данном случае, если мы хотим получить заготовку сложной формы, можно использовать чугун из-за пониженной температуры плавления и хороших литейных свойств. Что позволяет сделать отливки куда более трудных форм, нежели из стали». [31]

«Если медленно охлаждать сплав углерода и железа, то будет происходить выделения графита. Для того, чтобы учитывать выделения графита, в диаграмме железо-углерод так же, как и метастабильная (сплошная линия), также учитывается стабильная диаграмма железо-графит (штриховая линия)». [15]

Диаграмма железо-углерод представлена на рисунке 33.

«Основной материал для изготовления составных элементов штампа является чугун. Выбор данного материала связан с массовостью производства для холодной листовой штамповки. Чугун легко литься для получения самого элемента штампа, а также обладает необходимыми и достаточными физико-механическими свойствами для требований к штамповке.» [1]

«В некоторых случаях, в зависимости от типа производства, материалы для изготовления штампов могут быть отличными от чугуна. В нашем случае будет рассмотрен именно чугун, так как на прессовом производстве АвтоВАЗа преобладает именно массовое производство.» [1]

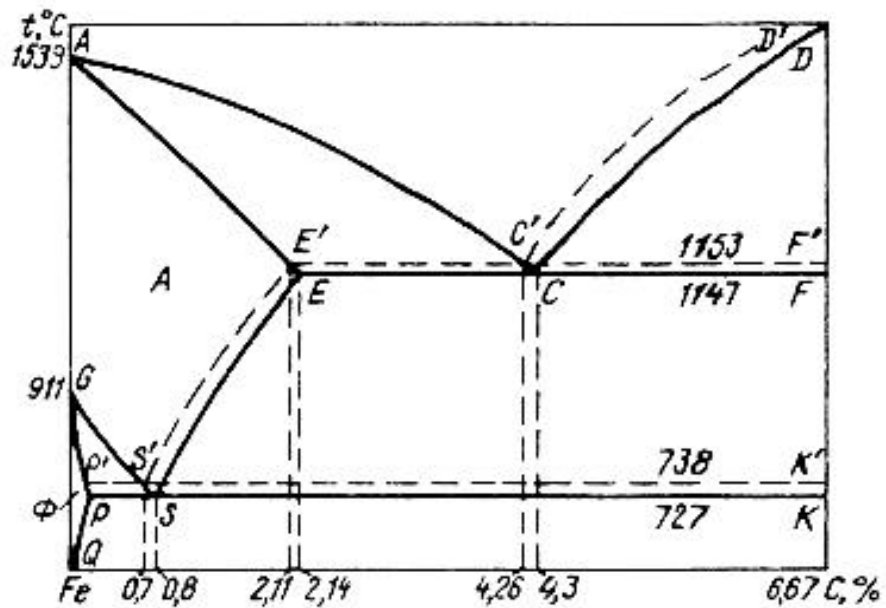
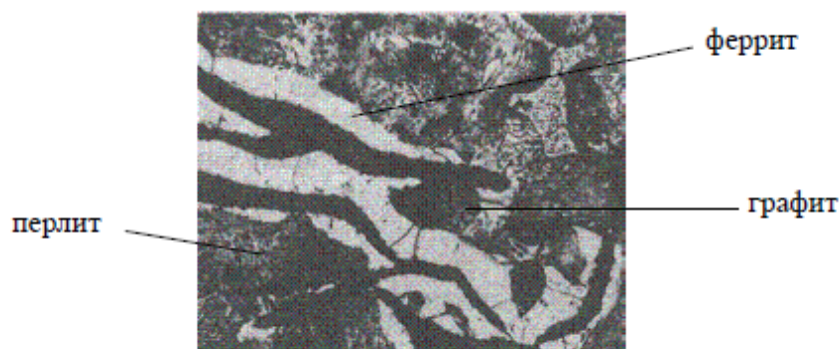


Рисунок 34 – Метастабильная (сплошные линии) и стабильная (штриховые линии) диаграмма Fe – C

«В точках температуры C'D' выделяется первичный графит, в точках линии E'C'F' графитная эвтектика затвердевает – как тонкая механическая смесь аустенита и графита. Дальнейшее охлаждение в точках P'S'K' произойдет распад аустенита на эвтектоидную смесь, состоящую из графита и феррита». [15] «В графитном виде будет выделен весь углерод только в случае медленного охлаждения, а именно в стабильной зоне диаграммы. В случае ускоренного охлаждения в первичной и вторичной кристаллизации, произойдет образование аустенита, а не графита. Следовательно, при быстром охлаждении в точках P'S'K' графитный эвтектоид прекратит выделяться, из-за чего оставшейся углерод перейдет в, согласно линии PSK, в перлит». [15]

«В итоге, у полученного чугуна будет основа доэвтектоидной стали, а именно (феррит и перлит). Сам чугун будет с чешуйчатыми включениями графита (ферритно-перлитными). Микроструктура чугуна представлена на рисунке 34.

Рассмотрим ХРТД, структура которого изображена на рисунке 35. Это серый чугун, в основе которого пластинчатый перлит, феррит, фосфидная эвтектика с включениями пластинчатого графита. Данный чугун применяется для более сложных по форме штампов». [15]



Микроструктура ХРТД, х 300

Рисунок 35 – Структура серого чугуна с пластинчатым перлитом

Рассмотрим химический состав чугуна ХРТД, представленного в таблице 13.

Таблица 13 – Химический состав материала ХРТД

Марка чугуна	Массовая доля элементов в %								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Ti
ХРТД	2,7	0,6÷0,9	1,55÷1,75	0,8÷1,05	0,12	0,25÷0,4	0,8÷1,2	0,1÷0,15	0,05÷0,1

«Чугун должен обладать высокой твердостью и прочностью, чтобы исключать возможность деформирования или сколов составных частей штампа при эксплуатации.

Механические свойства чугуна приведены в таблице 14.» [1]

Таблица 14 – Механические свойства материала ХРТД

Марка чугуна	Временное сопротивление при растяжении σ , МПа (кг/мм ²), не менее	Твердость, НВ
ХРТД	265(27)	217...269

«Влияние химических элементов на свойства чугуна/

Основное количество углерода в чугуне находится в виде чешуек графита, что может привести к хрупкости сплава из-за разобщения металлической структуры. Углерод добавляется в чугун для улучшения литейных свойств и формирования структуры материала.» [1]

«Сера и фосфор являются вредными примесями в чугуне. Сера снижает литейные свойства, а фосфор делает материал хрупким. Высокое содержание этих элементов может привести к деформации и разрушению чугуна.

При затвердевании и охлаждении чугуна марганец повышает устойчивость карбидов железа, что способствует отбеливанию поверхности и улучшению качества материала.» [1]

«Кремний необходим для получения серого чугуна. Он формирует силициды с железом, обеспечивая графитное выделение. Присутствие кремния также улучшает обработку, снижает температуру плавления и увеличивает жидкотекучесть чугуна.» [1]

«Для массового производства используют чугун, обеспечивающий высокую твердость и прочность.

При возможности производства без литья, штампы делают из стального проката.

В мелкосерийном производстве или при прототипировании могут применяться штампы из неметаллических материалов, таких как бетонно-смоляные или сплав "ювелита" для особенно сложных форм.» [1]

4.3 Прессовое оборудование и усилия на вытяжных инструментах

«Прессовое оборудование для холодной штамповки нужно подбирать с учётом следующих критических параметров: необходимое усилие для вытяжки, сложность профиля детали и размеры заготовки.» [1] Эти параметры напрямую влияют на выбор оборудования, которое сможет обеспечить требуемое качество и эффективность производственного процесса.

Одним из наиболее эффективных инструментов для проверки усилий вытяжных инструментов является симуляция с использованием программы CADIX. Эта программа позволяет создать детализированную математическую модель процесса, что помогает принять обоснованные решения о выборе оборудования.

Проведение расчетов симуляции

Симуляция в CADIX позволяет точно рассчитать усилия вытяжных инструментов. Такой расчет помогает понять, как материал будет вести себя под различной нагрузкой и как можно оптимизировать процесс до начала реального производства. Это не только экономит время, но и снижает затраты на возможные ошибки.

Процесс работы с симуляцией включает несколько ключевых этапов:

Создание математической модели изделия.

Настройка параметров и условий работы.

Проведение расчетов и анализ полученных данных.

После проведения симуляции в CADIX, полученные результаты показывают распределение усилий вытяжных инструментов. Эти результаты обычно представляются в виде графиков или таблиц, что помогает визуально оценить точки максимальных нагрузок и распределение усилий по поверхности заготовки.

«Использование симуляции CADIX при выборе прессового оборудования для холодной штамповки значительно повышает точность и

эффективность процесса.» [1] Благодаря детализированной визуализации усилий вытяжных инструментов и анализу распределения нагрузок можно корректировать параметры и добиваться оптимального качества конечного продукта еще на стадии подготовки.

Таким образом, симуляция позволяет не только экономить ресурсы, но и обеспечивает высокий уровень подготовки перед запуском производства. Использование таких передовых инструментов, как CADIX, делает процесс выбора прессового оборудования более обоснованным и надежным. На рисунке 36 показаны усилия вытяжных инструментов.









▼ D-20					
	Die		USL -	UWL -	Max 255.5 tf
	Punch		USL -	UWL -	Max 190.5 tf
	Binder		USL -	UWL -	Max 65.0 tf
	Weight				End.. 38 N

Рисунок 36. – Усилия на вытяжных инструментах.

Таким образом результаты усилия составляют:

На матрице (Die) – 255,5 Тонн

На пуансоне (Punch) – 190,5 Тонн

На прижиме (Binder) – 65 Тонн

4.4 Выбор прессового оборудования

«Выбор прессового оборудования должен быть основан на детальном анализе всех усилий, необходимых для выполнения операций.» [1] Симуляция в CADIX значительно помогает в этом процессе, позволяя рассчитать и визуализировать нагрузки. Подход с учетом 20% резерва по усилию обеспечивает дополнительную надежность и компенсирует возможные отклонения.

Таким образом, правильный выбор оборудования не только повышает качество конечного продукта, но и снижает риски и затраты, связанные с возможными ошибками и неоптимальными параметрами работы. Для точного расчета полного усилия вытяжных инструментов необходимо учитывать как усилия прижима, так и усилия пуансона. Рассчитаем эти значения по формуле 20, которая применяется для конкретного случая.

$$F = F_b + F_p \quad (20)$$

где F_b – Усилие на прижиме;

F_p – Усилие на пуансоне.

«Предварительно переведя усилия в тоннах в Ньютонах, занесем значения в формулу 22.» [1]

$$F = 650000 + 1905000 = 2555000 \text{ Н}$$

«По полученным усилиям необходимо выбрать прессовое оборудование. Возьмем Innocenti 1000t, максимальное усилие которого составляет 450 тонн.

Учтем 20% запас для прессы и рассчитаем допустимое усилие по формуле 21.» [1]

$$F = F_{\text{п}} \cdot 0.8 \quad (21)$$

$$F = 1000 \cdot 0.8 = 800 \text{ т или } 8000000 \text{ Н}$$

«Полученное усилие прессы с учетом 20% резерва не превышает усилия на инструментах.» [1]

$$8000000 > 2555000 \text{ Н.}$$

«Из чего следует, что пресс Innocenti 1000t подходит по усилиям для операции вытяжки детали.» [1]

4.5 Пресс Innocenti 1000

Техническая характеристика прессы приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Техническая характеристика прессы Innocenti 1000

Параметр	Нормы
Номинальное усилие внутреннего ползуна, тс	600
Номинальное усилие наружного ползуна, тс	400
Ход внутреннего ползуна, мм	965
Ход наружного ползуна, мм	686
Регулировка внутреннего ползуна, мм	610
Регулировка наружного ползуна, мм	610
Закрытая высота внутреннего ползуна, мм	
Максимальная	1560
Минимальная	950
Закрытая высота наружного ползуна, мм	
Максимальная	1484
Минимальная	874
Число ходов в минуту	16

«Причина выбора прессы Innocenti 1000 заключается в необходимости выполнения вытяжки двойного действия. Этот пресс идеально подходит для таких операций, где требуется точность и силы, что особенно важно при работе с металлом. После выполнения вытяжки на прессы Innocenti 1000, процесс продолжается на прессы простого действия для выполнения последующих операций, таких как вырубка, пробивка и другие механические процедуры.» [1]

«Принцип работы прессы

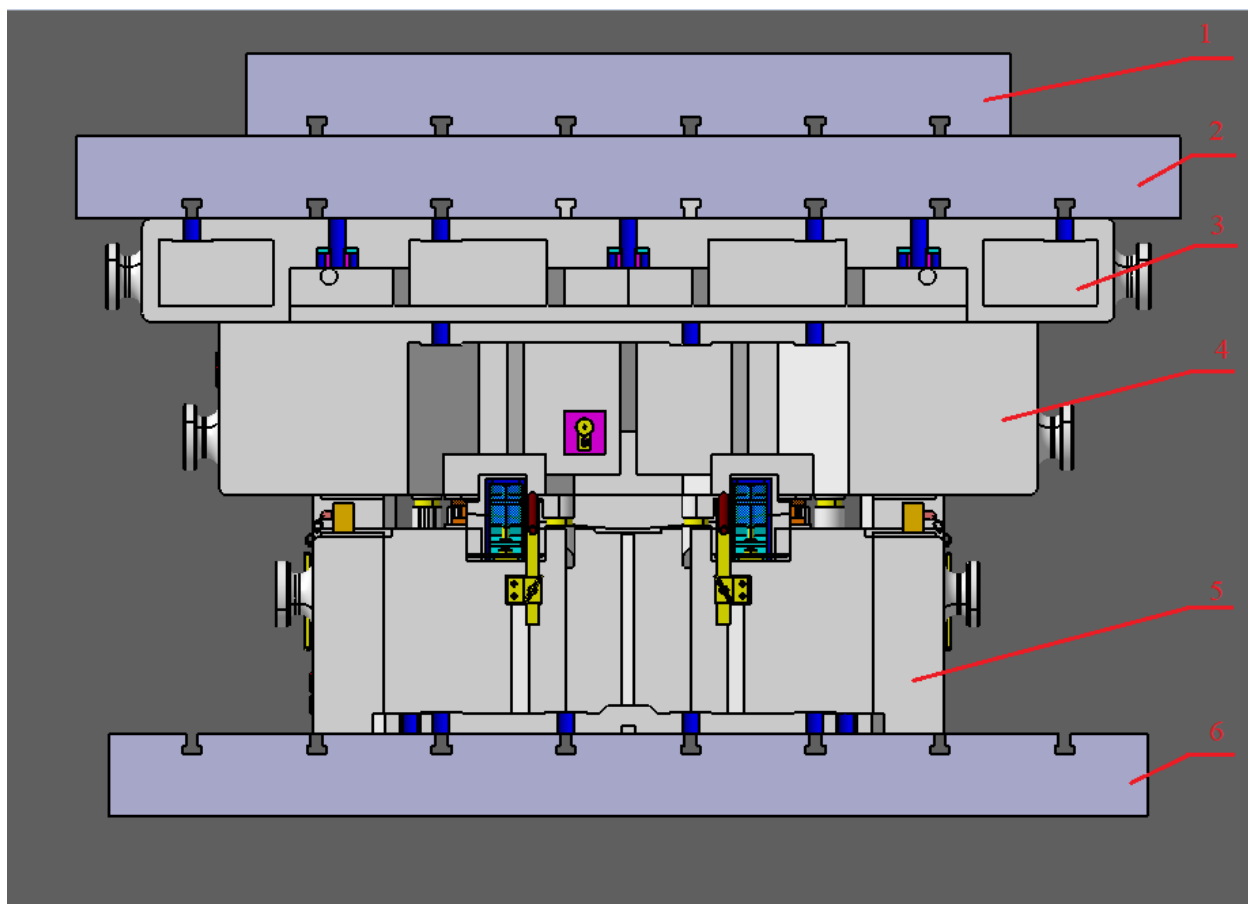
Работа прессы основывается на кривошипном механизме, который задает движение верхней части прессы, а именно адаптера (ползун), к которому крепится верхняя часть штампа. Этот механизм обеспечивает точность и силу необходимую для эффективной работы.» [1]

«Верхняя часть прессы: делится на внутреннюю и внешнюю части адаптера. На внешнюю часть ползуна закрепляется прижимная плита, а на внутреннюю часть — пуансон. Это позволяет выполнять операции вытяжки двойного действия.» [1]

«Нижняя часть пресса: называется болстером, к которому крепится нижняя часть штампа, то есть матрица. На рисунке 34, который иллюстрирует 3D сборку пресса в закрытом положении, матрица выделена зеленым цветом.

Для лучшего понимания, как работает пресс Innocenti 1000, взглянем на рисунок 37, где показана 3D сборка пресса в закрытом положении. На этом рисунке можно увидеть нумерацию частей ползуна и место фиксации прижимной плиты и пуансона, а также расположение матрицы в нижней части пресса.» [1]

Пресс Innocenti 1000 выбран не случайно. Его уникальная конструкция и возможность выполнять операции двойного действия делает его незаменимым в нашем процессе. Использование такого оборудования не только обеспечивает высокое качество конечного продукта, но и значительно повышает производительность и точность на каждом этапе работы.



4.6 Использование смазки

«Смазка играет важную роль в процессе вытяжки, так как значительная доля усилия расходуется на преодоление трения между металлом инструмента и заготовки. При этом смазка помогает достичь нескольких важных эффектов, которые улучшают качество и эффективность вытяжки.» [1]

Основные эффекты применения смазки:

«- Уменьшение коэффициента трения между рабочими поверхностями штампа (пуансоном и матрицей) и вытяжной деталью, что позволяет увеличить степень деформации детали при вытяжке.»

- Облегчение деформации металла благодаря содержанию в смазках поверхностно-активных веществ.

- Повышение стойкости штампа за счёт меньшего износа пуансона и матрицы.

- Уменьшение утонения металла в месте перехода от дна к стенкам вытянутой детали.

- Улучшение качества поверхности вытягиваемой детали.» [1]

Выбор смазки определяется рядом требований и задач, которые она должна выполнять:

«1. Обеспечение непрерывной плёнки между штампуемой заготовкой и рабочей полостью штампа.

2. Легкость нанесения и хорошее сцепление с заготовкой перед вытяжкой.

3. Легкость удаления после процесса вытяжки без повреждения заготовки.

4. Отсутствие коррозии вытягиваемого материала и безопасность для здоровья работников.» [1]

В зависимости от условий вытяжки, тип и состав смазки могут изменяться:

«- Для заготовок с напряжениями материала, близкими к предельным, используют смазки с порошкообразными примесями (мел, графит, тальк, древесная мука).

- Если напряжения в материале небольшие, допускается использование быстрорастворимой смазки без наполнителей.

- Для формования куполообразных деталей вытяжкой и необходимости охлаждения под непрерывной подачей смазки в штамп применяются эмульсии мыла, растворимого в воде или эмульсии на основе паст "Т" и "Л".» [1]

«При вытяжке заготовок из высокопрочных сталей и сплавов на рабочей кромке матрицы возникает высокое контактное давление. Это приводит к образованию дефектов — надиров, вмятин и зон повышенной шероховатости. Для предотвращения этих дефектов используют эластичные разделители с машинным или веретенным маслом.» [1]

«При вытяжке, сопровождающейся утонением стенок, смазка также выполняет функции охлаждения инструмента и не допускает сухого трения. Для стальных деталей таких свойств можно достичь омеднением, фосфатированием и другими методами. В этом случае заготовки поступают на вытяжку с уже нанесенной пленкой самосмазывающихся материалов.» [1]

«Смазка кардинально влияет на силовой режим при вытяжке, поэтому выбор её типа и состава требует тщательного анализа условий работы. Правильное применение смазки способствует увеличению качества, долговечности и производительности оборудования и конечной продукции.» [1]

«Коэффициенты трения для различных материалов

Для малоуглеродистых сталей:

$\mu = 0,06 \dots 0,10$ при использовании смазки с наполнителями (мел, тальк, графит — не менее 20% от общего веса).

$\mu = 0,14 \dots 0,16$ при использовании минеральных масел без наполнителей.

$\mu = 0,18 \dots 0,20$ без использования смазки.

Для алюминия и алюминиевых сплавов:

$\mu = 0,35$ без использования смазки.

$\mu = 0,1 \dots 0,15$ с использованием смазки.» [1]

«Несмотря на положительные эффекты, использование смазки имеет и свои минусы:

– Скопления и густота смазки: Смазка будет скапливаться в рабочем пространстве пресса, густеть и собирать грязь. Это может привести к поломкам и засорению рабочих частей пресса.

– Притирки на детали: Избыточное количество смазки может вызвать появления притирок на деталях, что недопустимо для лицевых деталей автомобиля.

– Необходимость регулярной чистки: требуется регулярное протирание рабочих частей пресса ветошью от скоплений грязной смазки. Это приводит к дополнительным затратам по времени и деньгам, а также к повышенному риску поломки прессового оборудования.» [1]

«При поставке рулонов заготовок поставщик наносит тонкий слой машинного масла на их поверхность. Это масло защищает металл от мелких механических повреждений, коррозии и резких температурных перепадов при транспортировке. Этот слой смазки также может быть использован при вытяжке, что может снизить потребность в дополнительной смазке.» [1]

Применение смазки в процессе вытяжки металлов существенно влияет на качество и эффективность работы. Однако, использование смазки требует внимательного подхода к её выбору и учёта возможных негативных последствий. Регулярная чистка оборудования и использование защитного слоя смазки от поставщика могут помочь уменьшить затраты и избежать проблем.

Выводы по разделу.

В разделе выполнено обоснование выбора технологического процесса изготовления детали, разработан технологический процесс ниши запасного колеса и представлен в графической части ВКР.

5. Безопасность технического объекта

«Безопасность и экологичность технологии является одним из важных факторов на производственном объекте. Вредные и опасные факторы на производстве способны нанести ущерб человеку и окружающей среде. Эти факторы вызывают необходимость в системах обеспечения безопасности окружающей среды и условий труда. Основными целями являются:

- Снижение ущерба от аварийности.
- Уменьшение заболеваний и травм.
- Удержание вредных факторов в допустимых пределах с соблюдением всех технологических процессов.» [4] [15]

5.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

«Рассмотрим наш технический объект, в основе которого лежит процесс холодной штамповки. Штамповка является технологическим процессом, при котором заготовке придается требуемая форма и размер благодаря пластической деформации. Штмп закрепляется на адаптере и болстере. Технологический паспорт представлен в таблице 17.» [1]

Таблица 17 – Технологический паспорт.

Технологический процесс	Технологическая операция	Наименование должности работника	Оборудование, тех. устройство, приспособление	Материалы вещества
Штамповка	Вытяжка	Аппаратчики 10166	Пресс Инноченти 450т, Штмп	ХРТД, DC04

5.2 Идентификация профессиональных рисков

«Прессовое оборудование является объектом повышенной опасности. Оно производит повышенный шум, создает вибрации, и работа прессы происходит в закрытом помещении. Все профессиональные риски описаны в таблице 18.» [1]

Таблица 18 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
Штамповка	Шум, вибрация, Освещение	Работа прессов, закрытое помещение

Эффективное управление профессиональными рисками и безопасностью на рабочем месте может помочь снизить затраты на несчастные случаи и повысить производительность и уровень удовлетворенности работников.

5.3 Производственный шум

«Самый вредный фактор на прессовом производстве - это производимый шум. Уровень шума при работе прессов может превышать 93 дБ, в то время как допустимый уровень шума для человека составляет диапазон от 40 до 55 дБ.» [1]

«Для снижения уровня шума необходимо:

- Проводить качественную смазку оборудования и подвижных частей прессы.
- Отрегулировать зазоры в соответствии с нормами.
- Использовать звукопоглощающие кожухи для изоляции подвижных частей прессы.

- Проводить своевременные технические осмотры оборудования.
- Работникам необходимо носить средства индивидуальной защиты, такие как вкладыши для ушей и изолирующие наушники.» [1]

5.4 Производственная вибрация

«При работе пресса генерируется высокий уровень вибрации посредством механических толчков.

Меры для снижения вибрации:

Размещать прессы на необходимом расстоянии друг от друга.

Не допускать одновременной работы прессов, так как это может вызвать резонанс.» [1]

«Важно отметить, что синхронная работа прессов может быть опасной. Если частота работы оборудования совпадет с частотой окружающей среды, это может привести к поломке оборудования.» [1]

«Вредное воздействие вибрации на человека: Повышенный уровень вибрации оказывает вредное воздействие на человека:

Приводит к расстройству нервной системы.

Вызывает спазмы сосудов и мышц.

Нарушает ритм сердца.

Может привести к повреждениям внутренних органов, если частота колебаний человеческого тела совпадет с частотой окружающей среды. В среднем, частота человека составляет около 6-9 Гц.» [1]

5.5 Производственное освещение

«Хорошее освещение в рабочем помещении положительно влияет на психическое здоровье человека, повышает работоспособность и снижает утомляемость, что снижает риск производственной травмы.» [1]

«Рекомендации по освещению:

- Свет не должен быть тусклым или слишком ярким.
 - Обеспечение бесперебойного освещения без моргания света.
 - Освещение не должно быть ниже 200 люкс.
 - Лампы должны обеспечивать правильный спектральный состав для точной цветопередачи.
- Хорошее освещение потенциально опасных зон, об которые можно споткнуться или задеть головой.» [1]

5.6 Общая безопасность на месте труда

«Помимо шума и вибрации, движущиеся части пресса представляют серьезную опасность для человека. Для предотвращения травм необходимо устанавливать ограждения.» [1]

«Типы ограждений:

- Автоматические прессовые линии: вся рабочая зона автоматически закрывается оградой перед началом работы.
- Ручные прессовые линии: ограда устанавливается в зонах, не используемых человеком, но с доступом для технического осмотра и ремонта.

Дополнительные меры безопасности:

- Фотоэлектрические датчики: они останавливают оборудование при обнаружении человека в опасной зоне.
- Внедрение этих мер создаст безопасные условия труда, уменьшит риск аварий и улучшит общее состояние сотрудников на производстве.» [1]

Выводы по разделу.

В разделе, посвященном производственной и экологической безопасности проекта разработан паспорт производственно-технологического процесса штамповки ниши запасного колеса; выявлены профессиональные риски и определены методы и средства их снижения; идентифицирован класс и опасные факторы; разработаны мероприятия по их снижению.

6. Экономическая эффективность проекта

6.1 Расчёт стоимости затрат на поставку стали DC04

«При изготовлении любых листоштамповочных деталей (Не учитывая штамповку из точной заготовки) автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин и другой техники, в среднем около 30%, а порой и больше половины, в зависимости от сложности конструкции детали, идет в отходы.» [1]

«Даже учитывая тот факт, что АвтоВАЗ кампания полного производства со своим металлургическим цехом, сокращение получаемых отходов также возымеет свой эффект.» [1]

«На коэффициент использования материала влияют множество факторов. Это выбор оптимального раскроя материала при разрезке металлического рулона на специальных автоматических линиях. Это одно из основных направлений экономии листового проката в заготовительных цехах с массовым и крупносерийным производством. Экономия металла достигается в основном за счет рационального раскроя рулона на фигурные заготовки деталей, приближающиеся к форме будущей детали.» [23]

«Для обеспечения малоотходной штамповки также стоит обращать внимание на использование ребер жёсткости, их глубина и форма будет влиять на коэффициент использования материала. Следовательно правильное использование ребер, чтобы обеспечивать необходимое и достаточное растяжение металла для обеспечения качества детали должно быть адекватным. Нет смысла улучшать процент растяжения металла на 1% в обмен на увеличение величины отхода на тот же процент.» [1]

«Рационально использование отходов тоже считается важным элементом в экономии. Экономия листового проката обеспечивает также рациональное использование отходов при обрезке полуфабрикатов после первой операции вытяжки деталей.» [1]

«На АвтоВАЗе создан специализированный участок по проработке отходов штампового производства, позволяя более эффективно использовать отходы для повторной штамповки. Данные участки используются также и на других предприятиях.» [1]

«На заводах, обычно, используют альбомы деловых отходов, в которые ежегодно вносят коррективы, поэтому целесообразно кооперировать между заводами разных отраслей промышленности по использованию деловых отходов для изготовления деталей основного производства.» [1]

«При совмещении штамповки деталей из одной заготовки также достигается экономический эффект, когда одновременно штампуется второстепенная деталь и основная.

Также, отдельно стоит отметить момент связанный со стоимостью и размерами заготовки. В массовом производстве даже небольшое изменение габаритов заготовки вызовет свой экономический эффект.» [1]

Рассмотрим полученный размер заготовки.

Вес заготовки 5,543 кг.

Для расчета экономической выгоды возьмем поставку рулона РЛН 0,7X800 DC04, где цена за одну тонну будет составлять: 54 100 руб.

Если рассматривать цену за один кг стали DC04 равный 54,1р., то стоимость заготовки определим по формуле 22.

$$C = a \cdot m \quad (22)$$

где a – цена за килограмм стали, руб/кг;

m – масса заготовки.

Определим стоимость заготовки.

$$c = a * m = 54,1 * 5,543 = 299,88 \text{ руб.}$$

«Итоги продаж LADA Vesta за 2023 год составили 49309 автомобилей.

Узнаем вес деталей, который необходим для создания 49309 автомобиля по формуле 23.» [1]

$$M = m \cdot N \quad (23)$$

где m – масса детали;

N – Количество автомобилей.

Вес деталей для производства автомобилей

$$M = 5,543 \cdot 49309 = 273319,787 \text{ кг.}$$

Определим затраты за поставку стали DC04 по формуле 21.

$$C = M \cdot S \quad (21)$$

где S – Цена стали DC04 за одну тонну.

$$C = 273,319787 \cdot 54100 = 14786600,5 \text{ руб.}$$

Таким образом затраты на поставку стали DC04 составит 14786600,5 рублей за год.

6.2 Расчёт стоимости оснастки

Для начала занесём в таблицу 19 данные об оснастке, взятые на АвтоВАЗе в ходе практики, и рассчитаем общую стоимость оснастки, а потом с учётом НДС.

Таблица 19 – Стоимость оснастки

Общее наименование детали	Тип процесса	Тип оснастки	Количество оснастки	Стоимость доработки оснастки, руб. без НДС
Ниша запасного колеса	Штамповка	Штамп	1	1115375
		Сварочное приспособление	1	165956
		Сварочное приспособление	1	138706
		Калибр	1	55295

Теперь рассчитаем общую стоимость оснастки:

$$1115375+165956+138706=1475332$$

Рассчитаем стоимость оснастки с учётом НДС 20%

$$1475332+20\%=1770398,40$$

Таким образом затраты на закупку оснастки составит 1770398,40 рублей с учётом НДС.

Выводы по разделу.

В разделе «Экономическая эффективность проекта» посчитаны общие затраты на поставку стали DC04 54100 тонн в год – 14786600,5 рублей, и посчитаны затраты на закупку оборудования (штампа) 1770398,40 рублей с учётом НДС 20%.

Заключение

Задачей данного проекта являлась разработка заднего пола на перспективный автомобиль. для совершенствования процесса проектирования технологии листовой штамповки на основе разработки информационной базы стандартов САПР для оценки стоимости вытяжного штампа на стадии раннего проектирования и создания методики альтернативного проектирования технологии и крупногабаритных штампов в САЕ наиболее высокой эффективности для типовых деталей были проанализированы системы автоматизированного проектирования технологических процессов и штампов в САЕ предназначенных для анализа процесса вытяжки в листовой штамповке, разработаны элементы баз данных проектирования технологии и штампов в CADIX для процесса вытяжки, а также разработан технологический процесс вытяжки в системе инженерного анализа CADIX с учетом оценки стоимости проектирования и изготовления вытяжного штампа.

Данная работа имеет большое практическое значение для совершенствования действующих и разработки новых технологических процессов, направленных на получение деталей методом листовой штамповки и определения стоимости изготовления штамповой оснастки на ранних этапах проектирования, основываясь на геометрию детали.

Установлено, что методика разработки и анализа технологического процесса листовой штамповки в CADIX и методика назначения параметров технологического оборудования в стандартах CADIX, наряду с проектированием геометрии и основных элементов штамповой оснастки для вытяжных операций является фундаментом для оценки затрат на изготовление штамповой оснастки с точным прогнозированием расходов еще до начала процесса проектирования и изготовления штамповой оснастки.

Список используемых источников

1. Бакфиш, К. Новая книга о шинах / К. Бакфиш, Д. Хайнц. – М. : ООО «Издательство АСТ», 2003.
2. Балабин И.В. Испытания автомобилей [Текст] / И.В. Балабин. – М. : Транспорт, 1988.
3. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности 2004 г.
4. Беляев В.А. Холодная листовая штамповка. 2011 г.
5. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256.
6. Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.
7. Горина Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. Тольятти 2016.
8. Гришкевич, А.И. Справочник. Проектирование трансмиссий автомобиля/ А.И. Гришкевич. -М., “Машиностроение“, 1984.
9. Запорожцев, А.В. Износ шин и работа автомобиля/ А.В. Запорожцев, Е.В. Кленников. – М. : НИИ информации автомоб. промышленности, 1971.
10. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2015.
11. Косилова А.Г. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение-1, 2001 г.
12. Кравец, В.Н. Теория автомобиля / В.Н. Кравец. – Нижний Новгород : НГТУ, 2007.

13. Кузнечно-штамповочное производство выпуск 12, ГАО Станкоинструмент и ВНТО машиностроителей 1991 г.
14. Кузнечно-штамповочное производство, обработка материалов давлением, выпуск 8. 1995 г.
15. Кузнечно-штамповочное производство, технологияковки и объемной штамповки, выпуск 6, 1978г.
16. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля [Текст] / П.П. Лукин. - М.: Машиностроение, 1984.
17. Мещерин. В.Т. Листовая штамповка 1997 г.
18. Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005.
19. Малов А.Н. Технология холодной штамповки, четвертое издание, переработанное и дополненное. Издательство «Машиностроение» Москва 1969.
20. Морозов В.В, Козий Т.Б. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания для дипломного проектирования /Самарский государственный аэрокосмический университет.
21. Овсеец, В.В. Разработка технологии изготовления детали 1118-5604032 «Панель крышки багажника внутренняя». Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра Оборудование и технологии машиностроительного производства. <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/11780>
22. Овсеец, В. В. Технология изготовления детали автомобиля балка крыши задняя 2022.
23. Павлов, В.П. Автомобильные эксплуатационные материалы/ В.П. Павлов, П.П. Заскалько. – М. : Транспорт, 1982.

24. Расторгуев Д.А. Проектирование технологических операций: Электронное учеб.-метод. Пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015 – 1 оптический диск.
25. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке Шестое издание, 1979 г.
26. Рудман Л.И. Справочник конструктора штампов. 1988 г.
27. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. 1974 г.
28. Уваров В. В., Носова Е. А. Учебное пособие: «Структура и свойства листовых сталей для холодной штамповки». – Самара: 2004.
29. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. пособие/ Л.А. Черепанов. – Тольятти : ТГУ, 2016 .
30. Шишков М.М.. Марочник сталей и сплавов Донецк, 2002 г.
31. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall Metal stamping design; practical and economical design of stamped metal parts 1961 г.
32. Amsterdam; New York: Elsevier ; New York, N.Y.: Distribution for the U.S.A. and Canada, Elsevier Science Pub. Co. Cold-pressing technology 1990.
33. Eduard Wagner, Bernd Keller, Hans-Friedrich Jacobi, Dieter Spath Synchronization of car body requirements for the design of new product and production modules: A multi-methodological approach 2022.
34. Yiannis Papadopoulos, Christian Grante Evolving car designs using model-based automated safety analysis and optimisation techniques 2005
35. Eduard Wagner, Bernd Keller, Hans-Friedrich Jacobi, Dieter Spath Synchronization of car body requirements for the design of new product and production modules: A multi-methodological approach 2022.