

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт Машиностроения  
(наименование института полностью)  
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование кафедры)  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
(код и наименование направления подготовки)  
Технология машиностроения  
(профиль)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Технологический процесс изготовления усилителя чашки крепления амортизатора болида ФОРМУЛА СТУДЕНТ

Студент	<u>А.Д. Конюхов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.А. Расторгуев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Н. Москалюк</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.А. Парфёнова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>И.В. Краснопевцева</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н, доцент Н.Ю. Логинов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_  
(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Тольятти 2018

## АННОТАЦИЯ

Тема работы «Технологический процесс изготовления усилителя чашки крепления амортизатора болида ФОРМУЛА СТУДЕНТ»

Объём 50 страниц, 6 изображений, 19 таблиц, 26 источников (в том числе 11 источников на английском языке).

Объектом исследования является усилитель чашки крепления амортизатора на болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ.

Цель данной бакалаврской выпускной работы заключается в разработке технологического процесса детали под печать на 3D-принтере и изучения её возможных технологических свойств, в связи с новым подходом к производству.

Актуальность вопроса: усилитель чашки крепления амортизатора на болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ является очень сложной деталью в прессовом производстве. Также существующие установки имеют значительные габариты и сложность в эксплуатации в купе с высокой стоимостью самого оборудования.

Требования к разрабатываемому методу технологического процесса: лёгкость в использовании, унификация в производстве, безопасность в работе с рабочим оборудованием, низкая себестоимость.

Задачи работы: разработка технологического процесса по созданию усилителя чашки крепления амортизатора болида ФОРМУЛА СТУДЕНТ, расчёт экономической рентабельности предлагаемого метода производства, а так же составить технику безопасности по эксплуатации оборудования.

Бакалаврская выпускная работа состоит из нескольких разделов, в которых предоставлено решение задач проблемы.

## ABSTRACT

The title of the graduation work is «Technological process of manufacturing shock absorber cup holder of Formula Student project»

The graduation work consists of an explanatory note on 50 pages, introduction, including 6 figures, 19 tables, the list of 26 references including 11 foreign sources.

The object of research is the amplifier of the shock absorber cup holder on the Formula Student project.

The purpose of this graduation work is to develop the technological process for printing on a 3D printer and to study its possible technological properties in connection with a new approach to production.

The urgency of the question: shock absorber cup holder on Formula Student project is very difficult detail in press manufacture. Also existing installations have significant dimensions and are difficult in exploitation including also the high cost of the equipment itself.

Requirements to the developed method of the technological process: ease of use, unification in production, safety in working with equipment, low cost.

Tasks of work: development of a technological process for the creation of the shock absorber cup holder on the Formula Student project, calculation of the economic profitability of the proposed production method, and also to compose safety instruction for the operations on the equipment.

The work consists of several sections that present the decision task.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 Теоретическая часть .....	6
2 Технологическая часть работы.....	12
3 Описание графической части работы .....	28
4 Экологичность и безопасность технического объекта .....	31
5 Экономическая эффективность бакалаврской работы .....	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	48

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день довольно сложно удивить современного человека, жизнь которого наполнена большим количеством разных гаджетов и сервисов. Тем не менее, технологии не стоят на месте, и в повседневную жизнь семимильными шагами входит 3D печать, которой под силу заменить производство не только бытовых предметов и одежды, но так же и целые цеха в различных производственных организациях.

Преимущество современной 3D печати несомненно. Она значительно экономит время изготовления той или иной продукции, учитывая время от её задумки до реализации. Так же 3D печать позволяет использовать гораздо меньше рабочего пространства по сравнению со множеством производственного оборудования. На данный момент 3D принтеры уже имеют успехи в производстве деталей из металлов и сплавов.

Исходя из вышеперечисленного, главной задачей перед технологами при производстве усилителя чашки крепления амортизатора, было создание современной технологии изготовления с минимальной себестоимостью.

Для решения главной задачи необходимо провести анализ всех этапов создания детали:

- Заготовки;
- Оборудования;
- Оснастки;
- Инструментов;
- Контроля;

После анализа вышестоящих этапов, используя для каждого самые эффективные, в итоге получим технологический процесс с минимальной себестоимостью.

Исходя из всего вышеперечисленного, следует вынести цель выпускной квалификационной работы - создание технологического процесса производства усилителя чашки крепления амортизатора, с минимальной себестоимостью его процесса изготовления.

## 1 Теоретическая часть

Данный раздел предоставлен для анализа исходных данных детали и уже существующего технологического процесса, базовой теории предлагаемого процесса производства, так же для формулировки задач, которые необходимо решить для достижения всех поставленных целей.

### 1.1 Прессовое производство

Прессовое производство является подразделением ОАО «АВТОВАЗ» и специализируется на изготовлении крупногабаритных деталей кузова автомобиля (панелей боковин, крыш, дверей, капотов, багажников, крыльев) и средне-габаритных деталей каркаса кузова (усилителей, балок, кронштейнов, лонжеронов).

Номенклатура выпускаемой продукции насчитывает более 1500 наименований изделий, а общее число производимых деталей составляет около 70 млн. шт. в год. Основными потребителями продукции являются производственные площадки брендов LADA, Renault, Nissan, Datsun в России, а также СП GM-AVTOVAZ.

В производстве площадью 217 000 м<sup>2</sup> задействовано более 200 единиц прессового оборудования, среди которого:

- Высокопроизводительная автоматическая линия штамповки кузовных деталей фирмы Komatsu, состоящая из головного пресса усилием 2000 тонн и четырех прессов усилием 1000 тонн.

- Шестипозиционная, трехкоординатная автоматическая линия штамповки кузовных деталей фирмы Erfurt усилием 3200 тонн.

- Автоматическая линия вырубki заготовок из рулона фирмы AIDA с механическими ножницами, устанавливаемыми на стол пресса и позволяющими осуществлять угловой рез. Усилие - 630 тонн.

- Автоматическая линия штамповки кузовных деталей фирм AIDA&ABB, состоящая из головного прессы усилием 2000 тонн и четырех прессов усилием 1000 тонн.

Конкурентные преимущества прессового производства:

- Широкая номенклатура используемых материалов
- Высокая степень организации логистики производства
- Уникальное прессовое оборудование
- Наличие испытательной лаборатории
- Широкая номенклатура производимых деталей
- Квалифицированная служба инжиниринга производства

### Образцы продукции

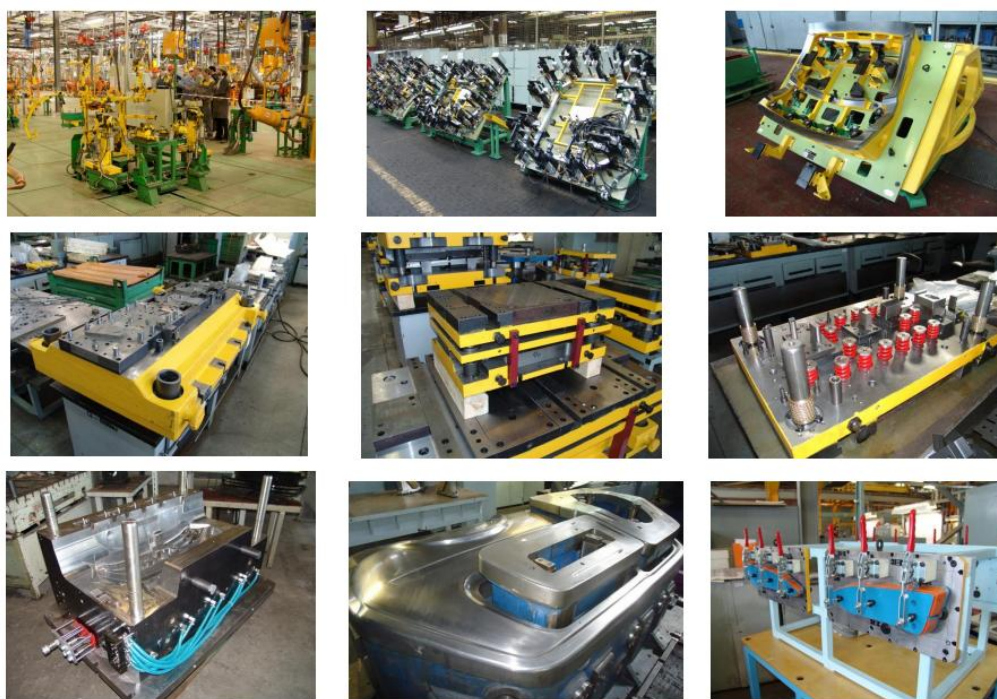


Рисунок 1.1 - Образцы продукции прессового производства

## 1.2 Служебное назначение детали

Деталь - усилитель чашки крепления амортизатора от LADA Vesta, является важной частью подвески автомобиля. Он предназначен для усиления жёсткости конструкции в районе амортизаторов, так же не позволяет деформироваться и расшатываться креплению чашки амортизатора. Данная деталь крепится к кузову посредством сварки.

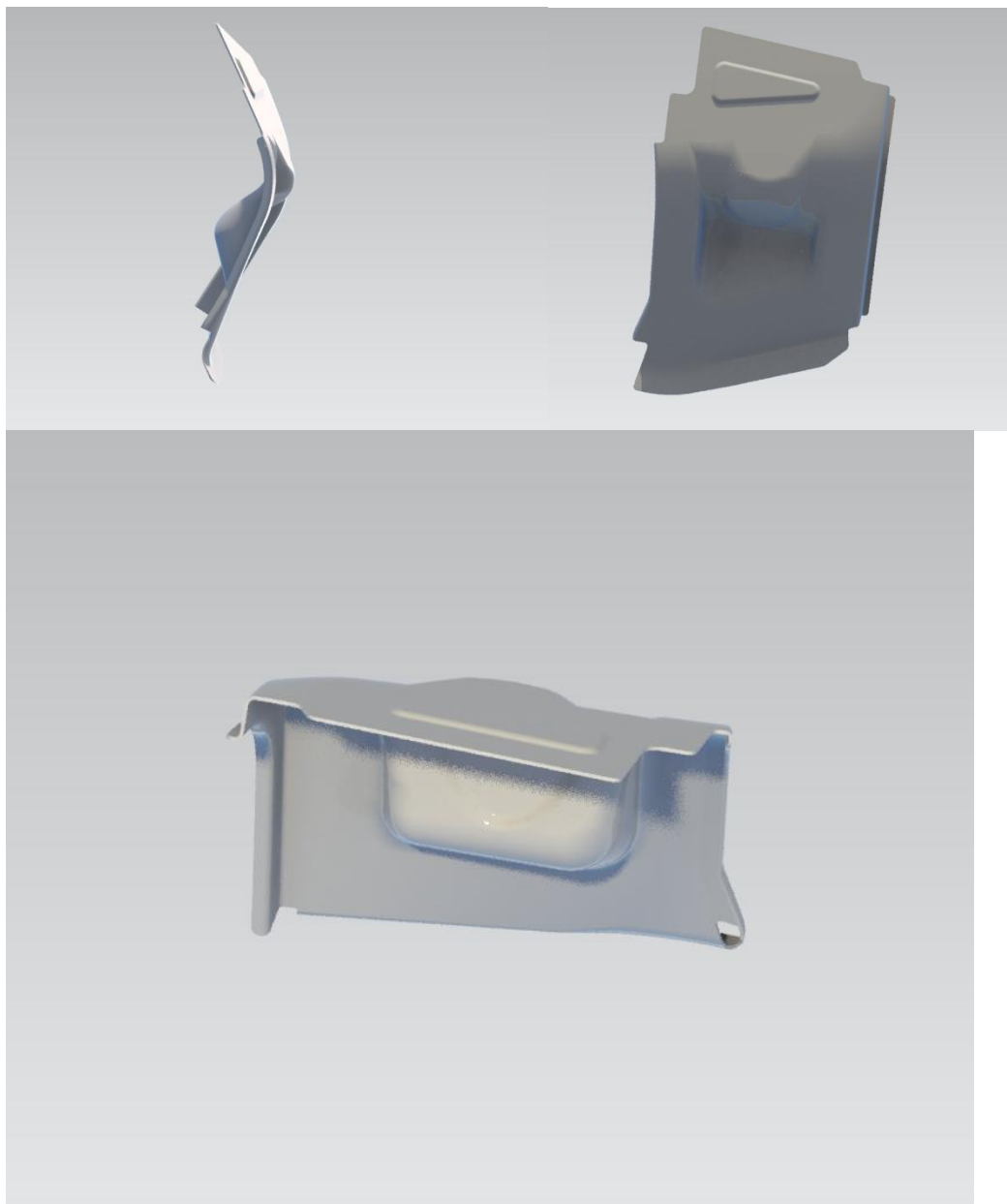


Рисунок 1.2 - Рендер усилителя чашки крепления амортизатора



1.3 Анализ базового технологического процесса детали усилитель чашки крепления амортизатора на болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ

Номер, наименование операции	Содержание операции	Оборудование и оснастка
10 заготовительная	-	-
10.1 Вытяжка	Формовка листа	Двухсторонний механический пресс с 2 точками прессования; Двух ручьевого штамп
10.2 Дотяжка	Удаление деталей в тыл механизацией	Двухсторонний механический пресс с 2 точками прессования; Двух ручьевого штамп
20.1 Обрезка 1-я маркировка	Обрезка детали по контуру	Двухсторонний механический пресс с 2 точками прессования; Трёх ручьевого штамп.
20.2 Обрезка 2-я маркировка	Обрезка детали по контуру	Двухсторонний механический пресс с 2 точками прессования; Трёх ручьевого штамп.
20.3 Фланцовка	Удаление перехода в тыл пневмотолкателем	Двухсторонний механический пресс с 2 точками прессования; Трёх ручьевого штамп.
30.1 Моечная	-	-
30.2 Контрольная	-	Контрольный стол

## 1.4 Характеристика стали 08пс

Механические свойства:

Свариваемость	Без ограничений
Флокеночувствительность	Не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна

Твёрдость:  $HV 10^{-1} = 131 \text{ МПа}$

Предел кратковременной прочности: 290 МПа

Предел текучести для остаточной деформации: 175 МПа

Таблица 1.1 - Химический состав стали в процентном соотношении

Ni	S	As	Cu	Si	Cr	P	C	Mn	Fe
до 0.25%	до 0.04%	0.08%	до 0.25%	0.5- 0.17%	до 0.1%;	0.035%	до 0.05- 0.11%;	0.35- 0.65%;	98%.

Известно, что годовая программа производства данной детали посредством прессового производства составляет 84000 шт.

Рассчитаем такт выпуска по формуле:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_D}{N} \quad (1)$$

Где  $F_D = 4141$  час – это действительный годовой фонд времени

$N = 84000$  шт. – это годовая программа по производству деталей

$$t_B = \frac{60 \cdot 4141}{84000} = 2,95 \text{ мин} \quad (2)$$

После анализа технологического процесса детали, взятый от автомобиля LADA Vesta, напрашивается вывод, что требуется переработка типа процесса производства с крупносерийного под мелкосерийный или штучное прототипирование. Если учесть тип производства, выгоднее установить универсальные 3D принтеры с технологией DMLS, что позволит произвести экономию на содержании оборудования и промышленной площади.

### 1.5 Задачи работы и пути совершенствования технологического процесса

Анализ показал недостатки технологического процесса усилителя чашки крепления амортизатора от LADA Vesta, сформулируем задачи выпускной работы:

- 1 – Разработать собственный технологический процесс.
- 2 – Заполнить технологическую документацию.
- 3 – Произвести анализ безопасности и экологичности технического объекта
- 4 – Посчитать экономическую эффективность при внесении изменений.

## 2 Технологическая часть работы

### 2.1 Устройство технологии 3D печати

3D принтер – это устройство, которое способное послойно создать копию объёмного предмета на основе компьютерной цифровой модели. Принтер выводит трехмерную информацию, создавая физические объекты. С его помощью, на создание модели будущего изделия уходит каких-то пару часов. На разработку аналогичной модели вручную требовалось в прошлом потратить недели или даже месяцы. Технология не сравнится с тем, как работает 3D принтер сегодня. При этом присущая человеку склонность ошибаться в работе, полностью исключается. Практически каждый цифровой объемный объект может быть напечатан на трехмерном принтере.

### 2.2 Технология 3D печати

Для выполнения технологических задач по изготовлению усилителя чашки крепления амортизатора, была выбрана технология прямого лазерного спекания металлов (DMLS).

Сама технология представляет из себя процесс, где в качестве нагревательного элемента для спекания металлического порошка используются оптоволоконные лазеры мощностью от 200Вт до 1000Вт. Чем мощнее лазер и скорость его сканирования, тем лучше его производительность. Так же скорость печати повышается за счёт использования нескольких лазеров.

Принцип действия технологии прямого лазерно спекания металлов заключается в том, что материал, состоящий из металлического порошка, подается в рабочую камеру в необходимых количествах для нанесения одного слоя. Специальный валик выравнивает поданный материал в ровный слой и удаляет его излишки из камеры, после чего лазерная головка спекает частицы свежего порошка между собой и с предыдущим слоем согласно контурам, определенным цифровой моделью. После завершения

вычерчивания слоя, процесс повторяется: валик подает свежий материал и лазер начинает спекать следующий слой.

Данная технология практически не имеет ограничений по сложности геометрического построения детали, а высокая точность выращивания приводит к необходимости, механической обработки изделия после печати, к минимальной. Так же, технология DMLS не требует необходимости в построении опор для нависающих элементов конструкции. В свою очередь, неспечённый металлический порошок остаётся в рабочей камере и может быть собран для повторного его использования.

Преимущества технологии прямого лазерного спекания металлов по сравнению с традиционными производственными методами:

- Быстрое производство геометрически сложных деталей без необходимости механической обработки;
- Практически безотходное производство;
- Изготовление нескольких деталей одновременно;
- Построение моделей занимает несколько часов с учётом полного производственного цикла;

### 2.3 Разработка предлагаемого технологического процесса

Для разработки нового технологического процесса необходимо выбрать её стратегию.

Таблица 2.1 - Основные характеристики техпроцесса

№	Условия выбора техпроцесса	Характеристика
1	Модель организации техпроцесса	Непоточная
2	Периодичность выпуска деталей	Периодичное повторение
3	Стандартизация техпроцесса	Создание специального техпроцесса
4	Заготовка	3D печать
5	Техническое оснащение	Специальное
6	Расстановка технического оснащения	С учетом свойственного течения грузопотока деталей
7	Настройка технического оснащения	По приборам
8	Оснастка	Специальная
9	Подробность изготовления техпроцесса	Маршрутная и операционная карты

Таблица 2.2 - Предлагаемый технологический процесс

Номер, наименование операции	Содержание операции	Оборудование и оснастка
1 Подготовительная	Создание САД модели; Оптимизация платформы построения; Создание формата рабочего файла модели; Загрузка материала в установку	Управляющий компьютер
2 3D печать	Послойная печать	3D принтер
2.1 Разгрузка изделия	Выгружение изделия из установки	
3 Очистка модели	Удаление не отверждённого материала для повторного его использования	Пылесборник
4 Моечная		
4.1 Контрольная	-	Контрольный стол

После печати детали, она должна пройти процесс снятия нагрузки до её снятия со строительной платформы во избежание деформации. Циклы снятия нагрузки выполняются при температуре 482°C в течение 2 часов с последующим охлаждением детали при комнатной температуре, после чего деталь возвращается в упругое состояние. Данный процесс позволяет снизить внутреннее напряжение и сделать эксплуатацию детали более долгосрочной.

## 2.3 Сравнение базового и предлагаемого оборудования

Оборудование базового технологического процесса:

При изготовлении усилителя чашки крепления амортизатора используется двухсторонний механический пресс, с двумя точками прессования фирмы CLEARING INNOCENTI, модель S2-300.

Таблица 2.3 - Технические характеристики CLEARING INNOCENTI S2-300

Номинальная сила прессы	300 т
Размеры стола держателя	1067 x 1524 мм
Размер прессы	813 x 1524 мм
Вертикальный зазор между столом и прессом, учитывая регулировку по высоте и нижний ход	910 мм
Ход прессы	305 мм
Моторизованная регулировка прессы	305 мм
Количество ходов в минуту	30
Прокладка держателя пусковой площадки	152
Выдерживаемый вес прокладки	37 т
Установленная мощность	50 л.с.
Вес	47500 кг
Ширина	3000 мм
Длина	2240 мм
Высота	6480 мм
Высота станка над уровнем пола	5150 мм
Рабочая высота от уровня пола	700 мм



Учитывая, что данная модель пресса морально устарела, часто выходит из строя и требует значительных расходов на содержание и эксплуатацию, можем сделать вывод, что CLEARING INNOCENTI S2-300 не подходит под наши цели и задачи, следовательно, следует заменить его на более современное оборудование.

#### Оборудование предлагаемого технологического процесса

При выборе оборудования для улучшения техпроцесса следует учесть несколько факторов, такие как: Подходящий инструменту тип производства, количество отходов после изготовления одной детали, инновации и гибкость при производстве деталей, возможность быстрого прототипирования проектов и практически безотходное производство.

Всеми этими преимуществами обладает 3D принтер Prox 400 от компании 3D Systems. Данное оборудование принадлежит к серии новейших моделей 3D принтеров данного типа от компании 3D Systems. Модель имеет две отличительных особенности: большую рабочую камеру размером 500 x 500 x 500 и два мощных оптоволоконных лазера, каждый из которых имеет мощность 500 Вт. В 3D принтере ProX 400 используется технология прямой печати металла, которая может применяется в отношении различных типов металлов и сплавов, не исключая нержавеющей и высоколегированной стали, алюминия и титана. Модель относится к категории 3D-принтеров промышленного назначения и может использоваться в аэрокосмической, автомобильной и других отраслях.

В Prox 400, как и в других 3D-принтерах серии используются программные средства, которые специально предназначены для того чтобы обеспечить успешную реализацию производственного процесса. В качестве системы управления выступает PX Control.

Преимущества 3D принтера Prox 400 от компании 3D systems перед другими моделями подобного оборудования:

- Более высокое качество печати по сравнению с прежними моделями благодаря наличию двойного лазера и ускоренного напыления слоев;
- Система напыления слоев позволяет выполнять печать мелкими порошками;
- Высокое качество деталей сочетается с лучшей обработкой поверхности и разрешением;
- Высокая точность до полной сборки;
- Увеличенная пропускная способность машины;
- Съемная сборочная камера с автономной установкой и постобработкой;
- Широкий выбор материалов для работы.



Рисунок 2.2 - 3D принтер Prox 400

Таблица 2.4 - Технологические характеристики 3D принтера Prox 400

Размеры, мм	3000 x 3000 x 3000
Вес, кг	13608
Программное обеспечение	PX Control
Форматы рабочих файлов моделей	.STL, .IGES, .STEP
Длина волны лазера	1070 nm
Повторяемость	20 мкм
Рабочая камера	500 x 500 x 500 мм
Специализация	Автомобильная промышленность; Аэрокосмическая промышленность; Медицина; Оборонная промышленность; Производство; Стоматология
Технология печати	DMLS
Тип лазера	Два оптоволоконных лазера мощностью 500 Вт каждый (опционально 1 кВт каждый)
Толщина слоя от	10 мкм и не более 100 мкм
Поддерживаемые материалы	Нержавеющие сплавы, инструментальные сплавы, цветные сплавы, жаропрочные сплавы и другие
Интерфейсы	Ethernet 10/100, RJ-45 Plug
Разрешение в X и Y осях (мкм)	100
Разрешение в Z осях (мкм)	20
Требования на электроэнергию	400 В - 480 В / 3 фазы + заземление

#### Продолжение таблицы 2.4

Требования к сжатому воздуху	6-8 бар
Операционная система	От Windows XP и новее
Система загрузки	Автоматическая
Размер порошковой загрузки	250 x 250 x 250 см
Скорость печати	100 см <sup>3</sup> /ч

#### 2.5 Материал для изготовления усилителя чашки крепления амортизатора болида ФОРМУЛА

Для разработки нового технологического процесса, нам так же понадобится выбрать материал, а именно металлический порошок, из которого будет производиться печать детали посредством 3D принтером Prox 400.

Наиболее подходящим материалом является металлический порошок LPW 155.

LPW 155 - это нержавеющая сталь с мартенситным осадком, обладающая исключительной прочностью в помещении и хорошими механическими свойствами до 300 ° C (572 ° F). Как нержавеющая сталь, она также обладает хорошей коррозионной стойкостью. Так же, данный металлический порошок широко используется во многих отраслях промышленности, включая аэрокосмическую, нефтехимическую и машиностроительную промышленность. Любое применение, когда требуется высокая прочность и / или коррозионная стойкость.

LPW 155 является альтернативой нержавеющей стали LPW 174 и хороша для тех, кто желает достичь аналогичных конечных свойств, как и LPW 174, но без необходимости использования аргона. LPW 155 подвергается закалке, и после того, как осадок затвердеет, имеет превосходную прочность на растяжение и твердость как у LPW 174, однако не смотря на это, пластичные свойства приносятся в жертву ради безопасности.

Расход LPW 155 на один кубический сантиметр при изготовлении детали усилитель чашки крепления амортизатора болида ФОРМУЛА СТУДЕНТ составляет 2.7 грамма

Таблица 2.5 - Химический состав металлического порошка LPW 155

C	Макс. 0.04%
Cr	От 14% до 14.6%
Cu	От 3.5% до 4%
Mn	Макс. 0.3%
Mo	Макс. 0.3%
N	Макс. 0.1%
Nb	От 0.2% до 0.4%
Ni	От 3.8% до 4.5%
O	Макс. 0.03%
P	Макс. 0.3%
S	Макс. 0.3%
Si	Макс. 0.7%
Fe	~75.5%



Рисунок 2.3 - Металлический порошок LPW 155

Таблица 2.6 Механические свойства металлического порошка LPW 155

№		В спокойном состоянии	После наплавления
1	Горизонтальное направление (XY) Вертикальное направление (Z)	1150 - 1250МПа 1150 - 1250МПа	1350 - 1550МПа 1350 - 1550МПа
2	Горизонтальное направление (XY) Вертикальное направление (Z)	950 - 1100МПа 865 - 560МПа	1250 - 1450МПа 1250 - 1450МПа
3	Горизонтальное направление (XY) Вертикальное направление (Z)	13 - 21 % 13 - 21 %	12 - 18 % 12 - 18 %
4		30-35 HRC	40 - 50 HRC

Таблица 2.7 - Технические характеристики стали LPW 155

Минимальная рекомендуемая толщина слоя	20μм
Достигаемая точность деталей: Небольшие детали	±20-50 μм
Большие детали	±0.2%
Шероховатость поверхности: - после дробеструйной обработки	Ra 2.5-4.5μм, Ry 15-40μм
- после полировки	Rz до <0.5μм
Минимальная толщина стенки	0,3-0.4мм

Плотность стали LPW 155 = 7.85 г/см<sup>3</sup>., что идентично стали 08пс базового технологического процесса.

Рассчитаем количество неиспользованного материала  $m_n$  базового техпроцесса, который потом уходит на переплавку:

$M_l$  – масса ленты из стали 08пс = 2.6 кг.

$m_d$  – масса детали базового техпроцесса = 1.8 кг.

$$m_n = M_l - m_d = 2.6 - 1.8 = 0.8 \text{ кг.} \quad (3)$$

Таким образом, нам становится известно, что 30.77% от общей массы заготовки не используется в производстве и уходит на повторную переплавку, что тем самым несёт дополнительные затраты. В свою очередь, при использовании 3D принтера Prox 400, весь неизрасходованный материал металлического порошка, может быть использован повторно и данный процесс не принуждает к дополнительным затратам на сырьё.

## 2.6 Расчёт годовой программы исходя из нового технологического процесса

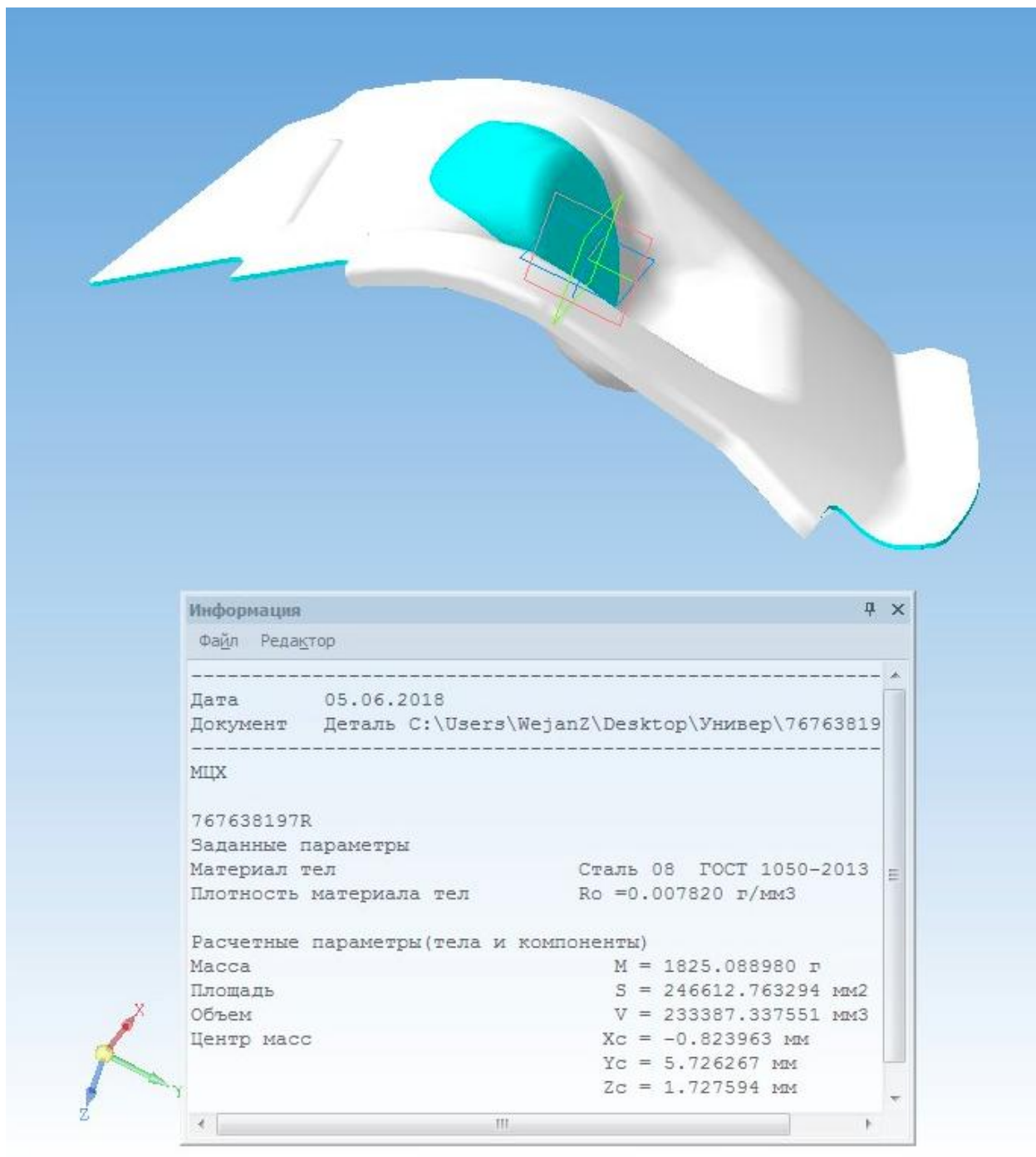


Рисунок 2.4 - Математическая модель и МЦХ детали усилитель чашки крепления амортизатора от LADA Vesta



Таким образом, масса детали равна 1825 гр., а объём 233,4 см<sup>3</sup>.

Исходя из того, что скорость печати 3D принтера Prox 400 составляет 100 см<sup>3</sup>/ч, можем рассчитать время, которое требуется для изготовления одной детали.

$$\frac{V_d}{U_{\pi}} = t_{\text{и}} \quad (4)$$

Где  $V_d$  – это объём детали

$U_{\pi}$  – скорость печати 3D принтера

$t_{\text{и}}$  – время, за которое деталь будет напечатана 3D принтером

$$t_{\text{и}} = \frac{233,4}{100} = 2,334 \text{ ч.} = 140,04 \text{ мин.} \quad (5)$$

Принимаем тип производства – мелкосерийный

Годовая программа изготовления деталей  $N_1 = 550$

Количество деталей на автомобиль  $m = 2$

Изготовление запасных частей  $\beta = 25\%$

Предприятие работает две смены в сутки

Действительный годовой фонд времени принимаем  $F_d = 4141$  час.

Рассчитаем годовую программу  $N$  по формуле:

$$N = N_1 \cdot m \cdot \left( 1 + \frac{\beta}{100} \right) \quad (6)$$

$$N = 550 \cdot 2 \cdot \left( 1 + \frac{25}{100} \right) = 1375 \text{ шт.} \quad (7)$$

Рассчитаем такт выпуска детали по новому технологическому процессу:

$$t_{\text{в}} = \frac{60 \cdot 4141}{1375} = 180,7 \text{ мин} \quad (8)$$

Данный тип производства и такт выпуска детали полностью удовлетворяет требования нового технологического процесса, так же исходя из времени требуемого на печать, с помощью 3D принтера, одной детали усилитель чашки крепления амортизатора от болида ФОРМУЛА СТУДЕНТ.

Исходя из полученных данных, можем рассчитать время на использование оборудования для прототипирования иных деталей на производстве.

Для начала рассчитаем, сколько времени понадобится на выполнения годовой программы с учётом времени изготовления детали с помощью 3D принтера:

Для удобства расчётов, минуты были переведены в часы.

$$t_{\text{г}} = N \cdot t_{\text{и}} = 1375 \cdot 2,334 = 3\,209,25 \text{ ч.} \quad (9)$$

Время годовой программы с учётом времени такта выпуска, равен действительному годовому фонду времени  $F_{\text{д}}$

Рассчитаем время на использование оборудования Prox 400 для прототипирования других деталей на производстве:

$$t_{\text{п}} = F_{\text{д}} - t_{\text{г}} = 4141 - 3209,25 = 931,75 \text{ ч.} \quad (10)$$

Проведённый расчёт позволяет говорить о том, что производство детали усилитель чашки крепления амортизатора с помощью 3D принтера Prox 400 от компании 3D systems , является подходящим под мелкосерийный тип производства, а так же позволяет исключить траты на прототипирование других деталей на производстве.

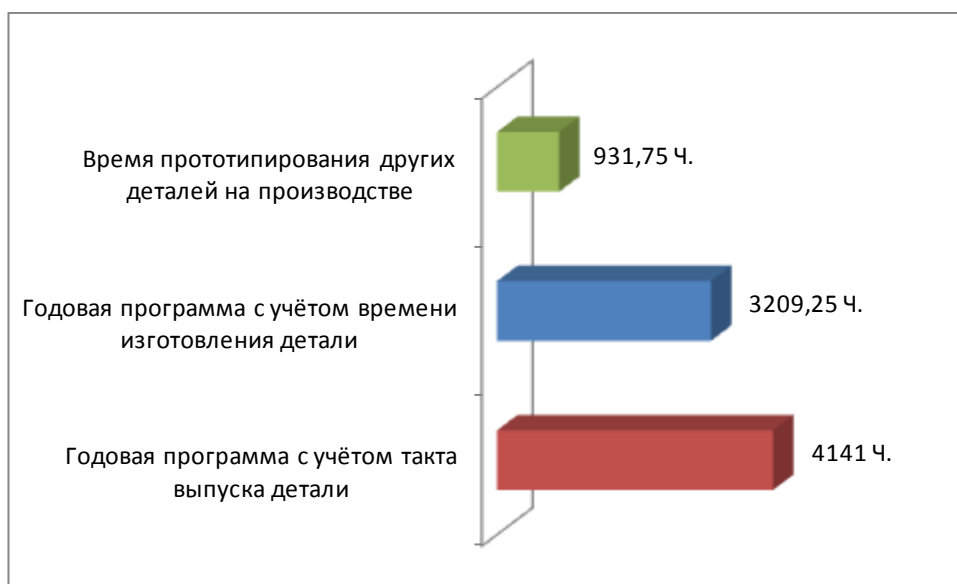


Рисунок 2.5 - Время, затраченное на выполнение годовой программы в зависимости от условий

### 3 Описание графической части работы

В графической части бакалаврской работы предоставлены листы формата А1 в количестве 7 штук.

На чертеже детали внесены последующие модификации согласно сопоставлению с чертежом, сделанным на предприятии ОАО «АВТОВАЗ»:

- изменено наименование сырья для производства детали
- конкретизирована масса детали в соответствии с математической моделью.

На втором листе представлено расположение детали на рабочей поверхности 3D принтера Prox 400.

Отображена последовательность печати в 4 шага внутри 3D принтера, количество слоёв, которые были сплавлены при печати детали, а так же время печати для более наглядного изображения процесса создания детали усилитель чашки крепления амортизатора.

Так же в графической части ВКР представлены изображения действия внешних сил на деталь и её прочностная нагрузка с учётом изменённого материала детали.

Изображён принцип работы DMLS 3D принтера с указанными скоростями позиционирования, сканирования и диаметром фокусированного пятна лазерного спекания.

На последнем листе формата А1 представлена презентация по теме бакалаврской работы на тему Технологический процесс изготовления усилителя чашки крепления амортизатора болида ФОРМУЛА СТУДЕНТ.

Для полного заполнения таблицы значений, требуется рассчитать погонную энергию. Погонная энергия – это отношение эффективной тепловой мощности оптоволоконного лазера  $q$  к скорости сплавления  $v$ , или количество энергии, переданное слою материала.

$$q_n = \frac{q}{v} \quad (11)$$

Исходя из этого, чем выше погонная энергия, тем больше площадь спекания и проплавления слоя.

Диаметр фокусированного пятна лазерного спекания будет выставлен на 100 мкм, исходя из табличного значения. Толщина слоя порошка будет установлена на 20 мкм, для установки режима мощности лазера в 500 W.

$$q = \frac{500 \text{ Вт}}{200 \text{ мм/с}} = 2,5 \text{ КДж/м} \quad (12)$$

Учитывая, что технологический процесс был изготовлен для мощности лазера в 1000 W, рассчитаем погонную энергию исходя из этих условий, выставив диаметр пятна лазерного спекания на 100 мкм, а толщину слоя порошка оставим неизменной:

$$q = \frac{1000 \text{ Вт}}{400 \text{ мм/с}} = 2,5 \text{ КДж/м} \quad (13)$$

Исходя из опытов [26], можно сказать, что высокая температура погонной энергии более 5 КДж/мм и менее 10 КДж/мм не показывает высокой эффективности и ведёт к ухудшению поверхности. При  $q = 2,5$  КДж/мм погонная энергия распределена более ровно, что приводит к формированию равномерно расплавленной ровной поверхности.

Проведённые расчёты позволяют заполнить таблицу значений для более корректного выполнения техпроцесса изготовления усилителя чашки крепления амортизатора болида ФОРМУЛА СТУДЕНТ.

Таблица 3.1 Табличные значения используемые для описания выполненной графической части

Мощность оптоволоконного лазера, используемая при печати детали 3D принтером	От 500 W до 1000 W
Точность детали	$\pm 20-50 \mu\text{m}$
Время печати детали	140,04 мин.
Толщина одного слоя печати	от 20 $\mu\text{m}$ до 100 $\mu\text{m}$
Шероховатость поверхности	Ra 2.5-4.5 $\mu\text{m}$ , Ry 15-40 $\mu\text{m}$
Производительность принтера	100 $\text{cm}^3/\text{ч}$
Количество слоёв напечатанных 3D принтером при создании детали	~ 19 200
Скорость сканирования	До 2 м/с
Скорость позиционирования	До 7 м/с
Диаметр фокусированного пятна лазерного спекания	От 35 мкм до 400 мкм
Длина волны	1070 нм
Скорость сплавления	От 200 мм/с до 400 мм/с
Погонная энергия	2,5 КДж/м

#### 4 Экологичность и безопасность технического объекта

В данном разделе бакалаврской работы будут рассмотрены вопросы организации охраны труда на участке производства по изготовлению детали усилитель чашки крепления амортизатора на болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ.

##### 4. 1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№	Техпроцесс	Технологическая операция	Наименование должности сотрудника, исполняющего процесс, процедуру	Спецоборудование и прибор	Используемые материалы, элементы
1	Техпроцесс изготовления усилителя чашки крепления амортизатора	10 Подготовительная	Оператор	3D принтер фирмы 3D Systems, модель Prox 400	Металлический порошок LPW 155
		20 3D печать		3D принтер фирмы 3D Systems, модель Prox 400	Металлический порошок LPW 155
		21 Разгрузка изделия	Оператор	Клещи	Металлический порошок LPW 155
		30 Очистка рабочей поверхности	Оператор	Пылесос	
		40 Моечная	Оператор моечной установки	Камерная моечная машина, сетчатый контейнер	Перегретая вода
		41 Контрольная	Контролёр	Специальное контрольное приспособление штангенциркуль	Специальное средство для обеззараживания и чистки оборудования

## 4.2 Обозначение производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 4.2 - Обозначение рабочих рисков

№	Производственно-техническая и/или эксплуатационно-техническая процедура, тип исполняемых служб	Опасный и /или же вредоносный промышленный фактор	Источник опасного и /или вредоносного промышленного фактора
1	Работа с 3D принтером во время заготовки. Работа с 3D принтером во время печати детали. Работа с 3D принтером во время изъятия детали после окончания её создания. Работа с 3D принтером во время очистки рабочей поверхности от остатков порошка.	Высокие напряжения в электрической цепи	3D печатное оборудование
		Высокий уровень температуры и шума	3D печатное оборудование
		Нехватка систематичного проветривания помещения	Промышленный корпус. Неэффективная организация системы вентиляции и кондиционирования
		Недостаток вентиляции	
		Возможное содержание в воздухе металлического порошка	Промышленный корпус. Неэффективная организация системы вентиляции
	Моечная операция	Канцерогенные вредоносные вещества	Смесь моечной машины.



### 4.3 Промышленные ресурсы и способы по сокращению производственных рисков

Таблица 4.3 - Способы и средства сокращения опасных и вредоносных воздействий

№	Опасный и / или же вредоносный промышленный фактор	Координационные способы и промышленные средства охраны, сокращения, ликвидации небезопасного и / или же вредоносного производственного фактора	Средства персональной защиты сотрудника
1	Подвижные составляющие производственного оснащения и движущиеся механизмы	Все без исключения движущиеся составляющие производственного оборудования окрашиваются в сигнальный жёлтый цвет, траектория хода автотранспорта помечается разметкой и ограждается отбойниками	-
2	Значительное напряжение в электрической цепи	Выключение устройства (части конструкции) от источника питания в конце рабочей смены; заземление разъединенных токоведущих элементов; ограждение рабочей зоны, либо остающихся под напряжением токоведущих элементов, к которым, в ходе производства, можно дотронуться, либо приблизиться на недопустимое расстояние.	П.3
3	Значительный уровень шума	Поддержка шумового фона в пределах нормы при помощи использования в принтере прокладочных материалов	-
4	Завышенная температура в помещении и возможное содержание металлического порошка в окружающей среде	Санитарно-гигиенические условия, требуемые в целях нормальной рабочей деятельности персонала, обеспечиваются системами проветривания и освещения	Одежда специального назначения: Костюм, перчатки, обувь, респираторы.

Продолжение таблицы 4.3

5	Канцерогенные вредоносные вещества	Применение системы индивидуальной защиты, смотровых экранов, оснащений дистанционного видеонаблюдения вредоносных, производственных зон	Для оператора обмывочного устройства: Сапоги резиновые с предохранительным подноском 1 пара Перчатки резиновые либо из полимерных материалов Очки защитные либо защитный экран Наушники противошумовые либо вкладыши противошумовые Костюм с целью охраны здоровья от общих производственных загрязнений и механических воздействий
---	------------------------------------	---	---

#### 4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности технического объекта

Таблица 4.4 – Методы пожарной и техногенной безопасности

№	Участок, отдел	Спецоборудование	Категория пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Участок 3D печати усилителя чашки крепления амортизатора	3D принтер 3D Systems Prox 400	Пожары, связанные с нагреванием стола, экструдера и спеканием металлического порошка	1)Искры 2)Тепловой поток 3)Повышенная температура внутри принтера и окружающей среды 4)Пониженная концентрация кислорода 5)Пониженная видимость в дыму из-за вероятного задымления в окружающей среде 6) Возможная повышенность сосредоточения ядовитых продуктов и теплового разложения	Возникающие в ходе пожара осколки, части разрушившихся строений, технических построек, автотранспорта, технических устройств, производственного и инженерно-технологического оснащения и хранящейся продукции;
			Пожары из-за воспламенения частей электроустановок, пребывающих под электрическим напряжением		Вынесение высокого напряжения на токопроводящие элементы оборудования

#### 4.5 Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность

Таблица 4.5 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность

Основные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Неподвижные конструкции пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оснащение	СИЗ и средства спасения людей во время пожара	Пожарный инвентарь	Сигнализация о пожаре, средства связи и оповещения.
Пожарный щит, в составе которого имеется: песок, противопожарная кошма, Ведро, инструмент огнетушитель пенный и огнетушитель порошковый	Огнетушители: ОВМ-100 ОУ-8	пожарные краны; Спринклерные автоматические системы пожаротушения (АСПТ)	Спринклерные автоматические системы, АУПС – Гранит – 4. Дымовые и термические пожарные извещатели	Огнетушители: ОВМ-100, ОУ-8; Рукав пожарный	СИЗ внутренних органов дыхания и зрения – очки, респираторы, противогазы.	Лопата, багор пожарный, ведро, топор	Местная система оповещений, сирена, автоматическое уведомление близлежащей пожарной части о пожаре в единой дежурно-диспетчерской службе

## 4.6 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Таблица 4.6 - Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Обозначение техпроцесса, оснащение технологического объекта	Наименование видов реализуемых организационно-технических мероприятий	Предъявляемые требования согласно которой обеспечивается пожарная безопасность
Технологический процесс изготовления усилителя чашки крепления амортизатора на болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ	Контроль исполнения огневых и покрасочных работ	В участке выполнения работ обязаны находиться основные средства пожаротушения – огнетушитель, противопожарная кошма, ведро с водой. Проведение огневых работ исключительно после оформления наряда-допуск
	Контроль над режимом курения	Оборудовать (соорудить) отдельное изолированное помещение для курения. Помещение должно быть оборудовано принудительной вытяжкой и огнетушителями
	Проведение контроля средств, для пожаротушения (контроль над работоспособностью огнетушителей и их своевременная замена)	Необходимость проведения периодической проверки средств пожаротушения и регламентированной замены огнетушителей, перемотки пожарных рукавов.
	Контроль уборки масла и мусора	Указание в технологической документации периодичности и метода уборки рабочего места в конце смены
	Контроль за расстановкой тары, позиции которых согласованы с планировкой	Расположить разметку установки тары в соответствии с планировочным постановлением
	Проведение инструктажа по пожарной безопасности	Осуществлять инструктажи: вводный, первоначальный на трудовом участке, вторичный, внеплановый, целенаправленный в связи с той или иной причиной. Производить оценку производственного травматизма на участке производства с целью ликвидации, либо сокращения его в будущем; осуществлять контроль над процессом выполнения инструктажа на участке, соблюдение культуры производства

#### 4. 7 Экологическая безопасность технологического объекта

Таблица 4.7 - Определение экологических факторов технологического объекта

Обозначение технологического объекта, техпроцесса	Структурные элементы технического объекта, техпроцесса	Влияние технологического объекта на атмосферу (вредоносные и опасные выбросы в окружающую среду)	Влияние технического объекта на гидросферу	Влияние технического объекта на литосферу
Техпроцесс изготовления усилителя чашки крепления амортизатора на болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ	Пыль, металлический порошок	Пылеобразования и появление диоксида серы. Сочетание хлора и азота способствуют разрушению озонового слоя	Загрязнение гидросферы при выбросе отработанной воды	-
	Необходимость утилизации ветоши, ртутных ламп освещения на месте производства		Загрязнение почвы и грунтовых вод в зонах свалок и сброса сточных вод	Происходят нарушения верхних слоёв земной коры, из-за захоронения бытовых отходов Почвенный покров сильно загрязняется в зонах рассеивания вредных выбросов в атмосферу.

В ходе выполнения раздела, были разработаны мероприятия организационно-технического характера, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Таблица 4.8 - Мероприятия направленные на снижение антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Обозначение технологического объекта	Участок по производству усилителя чашки крепления амортизатора на автомобиле LADA Vesta и болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ с помощью 3D печати
Мероприятия, согласно которым снижается негативное антропогенное влияние на атмосферу	Перед выбросом в атмосферу, воздух, удаляемый системами вентиляции, очищается фильтрами, благодаря чему, в атмосферном воздухе отсутствуют вредные вещества, превышающие санитарные нормы.
Мероприятия, согласно которым снижается негативное антропогенное влияние на гидросферу	Производство оборудовано локальным очистным сооружением, которое предусматривает предварительную очистку жидкостей до её утилизации на региональные очистные сооружения. В составе этих сооружений предусмотрено множество способов очистки: отстойники, биологические фильтры, решетки, песколовки и усреднители.
Мероприятия, согласно которым снижается негативное антропогенное влияние на литосферу	Повторная переработка бумажной упаковки, направление её на участки сбора макулатуры. Отправление, признанных непригодными к использованию материалов, на ближайшие свалки и полигоны для захоронения.

#### 4.8 Заключение

В разделе «Экологичность и безопасность технического объекта» приведена оценка техпроцесса производства детали усилитель чашки крепления амортизатора на болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ, перечислены технологические процедуры, должности сотрудников, производственно-техническое и инженерно-техническое спецоборудование, используемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие продукта и изготавливаемые продукты, продемонстрированные в таблице 4.1.

Были обозначены рабочие риски согласно исполняемому техпроцессу усилителя чашки крепления амортизатора в болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ, производимым технологическим операциям, видам выполняемых работ. Наиболее существенные из них обозначены в качестве опасных, вредных факторов и были занесены в таблицу 4.2.

Разработаны мероприятия, содержащие технические устройства, снижающие рабочие риски, а также определены средства индивидуальной защиты для персонала, отмеченные в таблице 4.3.

Разработаны мероприятия, согласно которым, технический объект будет обеспечен пожарной безопасностью. Проведена идентификация типов пожара и его опасных факторов, и создание средств, способов и мер, обеспечивающих пожарную безопасность (Таблица 4.4). Разработаны средства, способы и меры предоставления пожарной безопасности (таблица 4.5). Произведена разработка мероприятий, согласно которым, будет обеспечена пожарная безопасность на техническом объекте (таблица 4.6).

Определение экологических факторов (таблица 4.7) и разработаны мероприятия, согласно которым, на техническом объекте, будет обеспечена экологическая безопасность (таблица 4.8).

Таким образом, результат работы, с точки зрения безопасности и экологичности, следует считать удовлетворяющим необходимым правилам и стандартам.



## 5 Экономическая эффективность бакалаврской работы

Цель данного раздела – провести расчёт технико-экономических показателей проектируемой техники и произвести сравнительный анализ с показателями базового варианта, определить экономический эффект от предложенных в работе технических решений.

Базовый вариант: для выполнения операций 10.1;10.2;20.1;20.2;20.3 технологического процесса изготовления детали усилитель чашки крепления амортизатора на болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ, применяется двухсторонний механический пресс, с двумя точками прессования, фирмы CLEARING INNOCENTI, модель S2-300.

Проектный вариант: на выполнение операций 10.1;10.2;20.1;20.2;20.3 предлагается использовать оборудование на 3D принтер 3D Systems Prox 400. Остальные элементы технологического процесса остаются без изменений, речь идёт об используемом оборудовании.

Таблица 5.1

Базовый вариант	Проектируемый вариант
Оборудование - двухсторонний механический пресс, с двумя точками прессования фирмы CLEARING INNOCENTI, модель S2-300 $T_{шт} = 3,017$ мин	Оборудование - 3D принтер Prox 400 от компании 3D Systems $T_{шт} = 140,04$ мин

Для проведения полной экономической оценки эффективности предлагаемого технологического процесса изготовления детали усилитель чашки крепления амортизатора на болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ, необходимы знания следующих величин:

- Программа выпуска изделия, которая составляет 1375 шт;
- Стоимостные, эксплуатационные и размерные характеристики оборудования, оснастки и инструмента, т.к. данные величины оказывают прямое влияние на итоговые результаты расчёта;
- Нормативные и тарифные значения расходных параметров, таких как вода, электроэнергия и т.д.;
- Тарифные ставки основных рабочих, занятых на выполнении исследуемой операции.

Для начала требуется определение значения технологической себестоимости выполнения операций 10 и 20. По исходному варианту технологического процесса, она составляет 174,43 рубля, а по проектируемому 776,41 рублей. Полученные значения будут использоваться, как исходные данные для определения полной себестоимости операций.

Стоит отметить, что при повышении полной себестоимости изделия, необходимо учитывать существенные изменения, затрагивающие срок службы детали, который, благодаря новому технологическому процессу увеличился в 6,81 раз.

Для того чтобы полностью убедиться в необходимости предлагаемой модернизации, осуществим финансовые вычисления согласно установлению эффективности внедрения. В соответствии с методикой расчета [25], используемой в данных случаях, рассчитаем требуемые величины (годовая экономика, срок окупаемости, общая дисконтируемая прибыль и интегральный экономический эффект), на их основе будут подведены соответствующие итоги. Необходимые значения, полученные, при применении описанного метода, указаны в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Итоги показателей производительности внедрения предложений с учётом особенностей предлагаемого технологического процесса

№	Название показателей	Условное определение, единица измерения	Значения табличных показателей
1	Годовая экономика на единицу	$\mathcal{E}_{год.ед}$	235,49
2	Капитальные вложения на единицу	$K_{вв.ед}$	871,99 руб/ед.
3	Срок окупаемости вложений	$T_{ок, лет}$	~ 4

Проведя анализ таблицы 5.2, можно сделать заключение о том, что введение предложенных модификаций в техпроцессе станет эффективным. Подобный вывод дает возможность сделать несколько представленных величин, непосредственно:

– годовая экономика на одну деталь – 235,49;

– удовлетворяющий срок окупаемости для промышленного предприятия – ~ 4 года;

Интегральный экономический эффект и дисконтированная прибыль не требует расчёта, т.к. деталь, которая отправляется заказчику, не имеет цели продажи.

Перечисленные выше значения, свидетельствуют о рациональности использования предложенных модернизаций в технологическом процессе.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

При написании данной бакалаврской работы, был разработан технологический процесс изготовления детали усилитель чашки крепления амортизатора на болиде ФОРМУЛА СТУДЕНТ, который удовлетворяет всем требованиям его типа производства на промышленном предприятии.

Для выполнения поставленных задач был проведён ряд операций. Изучен наиболее эффективный и удовлетворяющий метод изготовления детали. Разработана маршрутно-операционная технология с применением нового современного оборудования и приспособления. Так же в свою очередь, были разработаны меры по обеспечению безопасности труда персонала на предприятии в ходе исполнения технологического процесса. Расчёт экономической эффективности доказали результативность нового техпроцесса.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] [Электронный ресурс] профессионального 3D оборудования –  
Режим доступа: <http://3d.globatek.ru> (Дата обращения: 11.03.2018 г.)
- [2] [Электронный ресурс] магазин электронной техники –  
Режим доступа: <http://www.orgprint.com> (Дата обращения: 11.03.2018 г.)
- [3] [Электронный ресурс] о технике и технологиях – Режим доступа:  
<https://www.ixbt.com> (Дата обращения: 11.03.2018 г.)
- [4] [Электронный ресурс] Интернет-журнал – Режим доступа:  
<https://www.rutvet.ru> (Дата обращения: 14.03.2018 г.)
- [5] [Электронный ресурс] Интернет-блог о промышленных  
технологиях, промышленном дизайне и производстве – Режим доступа:  
<https://www.tehnohacker.ru> (Дата обращения: 15.03.2018 г.)
- [6] [Электронный ресурс], посвящённый технологическим  
достижениям – Режим доступа: <http://www.techno-guide.ru> (Дата обращения:  
15.03.2018 г.)
- [7] [Электронный ресурс], созданный для публикации новостей и  
аналитических статей – Режим доступа: <http://www.habr.com> (Дата  
обращения: 11.03.2018 г.)
- [8] [Электронный ресурс]. Станки по металлу – Режим доступа:  
<http://stankiexpert.ru/> (Дата обращения: 18.04.2018 г.)
- [9] [Электронный ресурс]. Европейский сайт, посвящённый  
промышленному оборудованию – Режим доступа: <https://www.fiamtorino.eu>  
(Дата обращения: 4.04.2018 г.)
- [10] [Электронный ресурс], связанный с электроникой,  
электротехникой и электрооборудованием – Режим доступа:  
<https://electrosam.ru/> (Дата обращения: 12.04.2018 г.)
- [11] ГОСТ 1050-88 Прокат сортовой, калиброванный, со специальной  
отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной  
стали. Введён 01.01.1991. М.: Издательство стандартов. 1989. – 30 с.  
(Дата обращения: 18.03.2018 г.)

[12] [Электронный ресурс] Исследование на тему «Эффективность передачи информации пространственной инженерии с помощью 3D-CAD и 3D-печатных моделей». – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40327-014-0009-8> (Дата обращения: 11.03.2018 г.)

[13] [Электронный ресурс] Исследование на тему «Проблемы производства и безопасности в 3D-печати» – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11837-016-1937-7> (Дата обращения: 11.03.2018 г.)

[14] [Электронный ресурс] Исследование на тему «Улучшенные механические свойства 3D-печатных деталей путем моделирования плавленого осадка, обработанного путём исключения кислорода» – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40964-016-0010-y> (Дата обращения: 11.03.2018 г.)

[15] [Электронный ресурс], посвящённый 3D технологиям – Режим доступа: <https://3d-daily.ru/> (Дата обращения: 22.05.2018 г.)

[16] L.Zhang. «Manufacture by selective laser melting and mechanical behaviour of commercially pure titanium», Журнал «Materials Science and Engineering» 06-2014 (Дата обращения: 16.05.2018 г.)

[17] [Электронный ресурс], скоростное прототипирование – Режим доступа: <http://www.bego.com/cadcam-solutions/cadcam-processing-solutions/selective-laser-melting-slm/> (Дата обращения: 14.04.2018 г.)

[18] [Электронный ресурс] магазин 3D техники – Режим доступа: <https://www.3dsystems.com/> (Дата обращения: 4.05.2018 г.)

[19] Андреа Гини. «Selective laser melting –the future of space manufacturing». Журнал «SpacecraftDesign» 9-2012. (Дата обращения: 16.04.2018 г.)

[20] [Электронный ресурс] Процессы, проходящие при трехмерной печати – Режим доступа: <https://www.additively.com/en/learn-about/laser-melting> (Дата обращения: 25.03.2018 г.)

[21] [Электронный ресурс] Информация о технологии – Режим доступа: <http://www.renishaw.com/en/laser-melting-metal-3d-printing-systems--15240> (Дата обращения: 25.03.2018 г.)

[22] Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учебник / В. В. Клепиков [и др.]. - Москва: ИНФРА-М, 2017. - 295 с. (Дата обращения: 21.04.2018 г.)

[23] Козлов, А.А. Кузьмич, И.В. Разработка технологических процессов изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов спец. 151001 «Технология машиностроения» / сост. А.А. Козлов, И.В. Кузьмич. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 152 с. (Дата обращения: 21.04.2018 г.)

[24] Горина, Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 51 с. (Дата обращения: 1.06.2018 г.)

[25] Зубкова, Н.В. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения». Тольятти: ТГУ, 2012. – 123 с. (Дата обращения: 1.06.2018 г.)

[26] Материалы 37-й Международной конференции MATADOR от 07.2012 г. – 448 с. (Дата обращения: 18.05.2018 г.)

## ПРИЛОЖЕНИЕ



Дцдл	Взм.	Пздл.																		
Разряд			ТГУ, Кафедра ОТМП																	
Проверил																				
НКадр																				
Утвердил																				
М.О1																				
М.О2																				
А			Обозначение документа																	
Б																				
А03	XX XX XX 000	Загрузочная	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ								
Б04	Загрузочная камера 3D-принтера		166	18	1		0,96		-	384,4x2x265,94	1	0,77								
О5			Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф	Р	УГ	КР	КРИД	ЕН	КЦП	КЦП	Тпз	Тшт		
А06	XX XX XX 005	Печатная																		
Б07	3D принтер 3D Systems Prox 400							1	15292	422	1р	1	1							140,04
Т08	Оптическая лазерная установка																			
О09	Промежуточный контроль посадочных размеров																			
Т10	Нутромер																			
11																				
А12	XX XX XX 010	Маячная																		
Б13	Маячная установка							1	15709	222	1р	1	1							3
14																				
А15	XX XX XX 015	Термическая																		
Б16	Печь-ванна							1	16069	322	1р	1	1							120
17																				
А18	XX XX XX 020	Контрольная																		
МК 1																				

