

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)
15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки)
Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств
(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Технологический процесс изготовления основания пробойного механизма для условий единичного производства

Студент(ка)	Гумеров Т.Б.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	Резников Л.А.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	Виткалов В.Г.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	Краснопевцева И.В.	
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

К.Т.Н, ДОЦЕНТ
(личная подпись)

Н.Ю. Логинов

« » 2017 г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

Технологический процесс изготовления основания пробойного механизма для условий единичного производства. Бакалаврская работа.

Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства. Тольяттинский Государственный университет. г. Тольятти

Целью выпускной квалификационной работы является обеспечение выпуска основания для условий единичного производства.

В качестве исходных данных был предоставлен рабочий чертеж детали и задание на изготовление с использованием заданного парка обрабатывающего оборудования (в основном, фрезерной группы).

Была разработана математическая модель детали, после чего выполнен анализ технологичности конструктивного исполнения и заложенных конфигураций.

Разработана стратегия механической обработки детали с использованием современных актуальных пакетов САМ-моделирования. Проведено сравнение возможных к применению САМ-пакетов. На основании стратегии построен технологический процесс механической обработки, включающий в себя шестистороннюю обработку конфигурации заготовки.

Для такой обработки были определены схемы базирования и закрепления. Выбраны режущие инструменты. Проведено техническое нормирование технологического процесса.

Представлены мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности объектов техники.

Подсчитаны показатели экономической эффективности с учетом заданных исходных данных.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	8
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	11
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	41
4 ЭКОЛОГИЧНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ТЕХНИКИ	44
5 ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	65
ПРИЛОЖЕНИЯ	68

ВВЕДЕНИЕ

Целью бакалаврской работы является обеспечения выпуска основания пробойного механизма, который относится к группе корпусных деталей. Для достижения указанной цели в бакалаврской работе требуется решить задачи:

1. Проанализировать возможность изготовления детали в заданных производственных условиях, с применением станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

2. Учитывая, что используются такие станки, требуется провести анализ современной «обслуживающей инфраструктуры станков с ЧПУ». К данной инфраструктуре относятся современные САМ –пакеты, позволяющие автоматизировать процессы механической обработки, подготавливать управляющие программы, адаптировать управляющие воздействия для конкретной стойки системы ЧПУ.

3. Провести анализ технологичности конструктивного исполнения детали для условий выпуска с применением САМ-пакетов. На основании проведенного анализа требуется разработать операционную технологию обработки детали для заданных условий.

4. Подтвердить правильность предлагаемых технических решений отработкой и выпуском пробных изделий в условиях действующего производства.

5. Обеспечить безопасность и экологичность используемых объектов техники.

6. Подтвердить экономическую целесообразность полного или частичного внедрения предлагаемых технических решений в производство, либо просчитать эффективность исследовательских работ.

1. ОПИСАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Описание детали.

На Рисунке 1.1 представлен эскиз основания пробойного механизма.

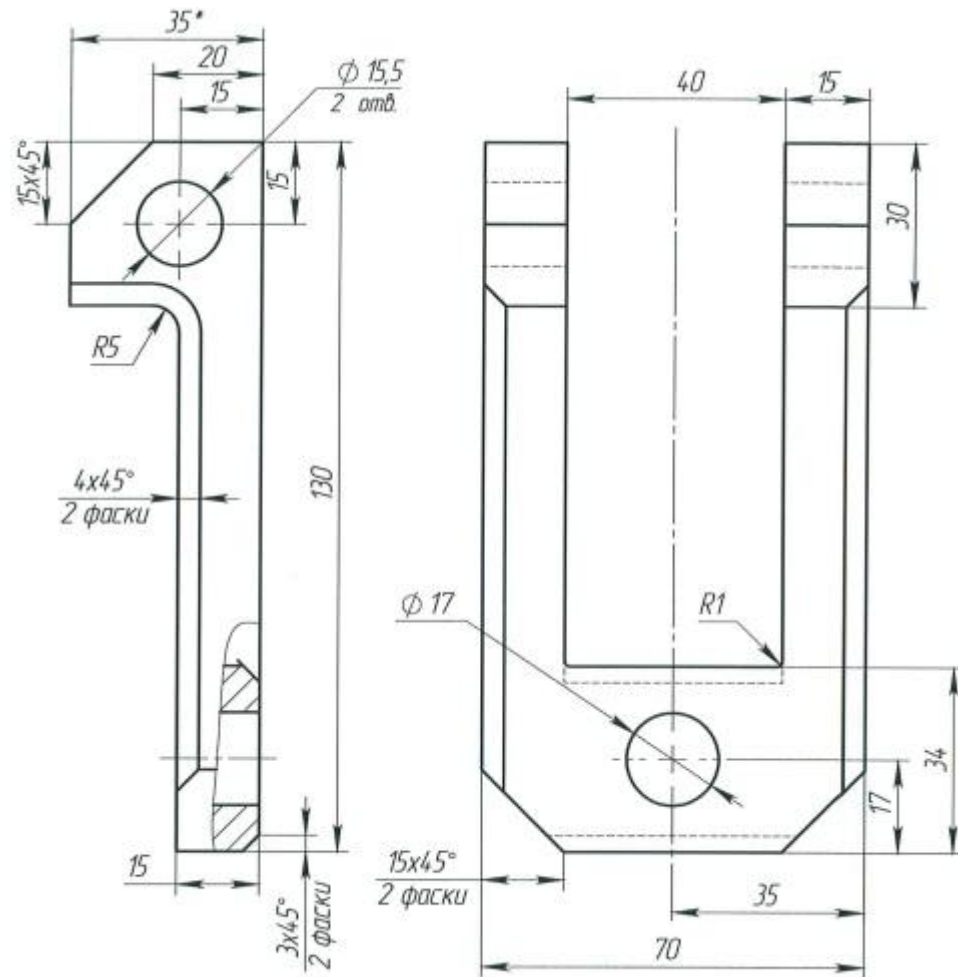


Рисунок 1.1- Эскиз основания пробойного механизма

Данная деталь относится к группе корпусных деталей. Представленная конфигурация и программа выпуска (условия единичного производства, или несколько десятков изделий в год) не предусматривают способов получения заготовки, характеризующихся максимальными значениями коэффициента использования материала. Для детали массой 0,62 килограмма в качестве заготовки скорее всего оптимальным является выбор листовой заготовки, с разрезкой на координатном газо – плазменном станке, либо с резкой на

ленточно – пильной установке. Деталь работает как основание механизма, не испытывает действия значительных знакопеременных циклических нагрузок. Механизм подвижного пробойника устанавливается в отверстия $\phi 17$ и $\phi 155$ мм. В качестве материала детали задана конструкционная сталь 3, ГОСТ 1050-74. Назначение такой стали характеризует возможность получения заготовки методом плазменной резки, так как материал не подвергается закаливанию, а следовательно, после плазменной резки заготовка может быть подвергнута многосторонней обработке на координатно- расточных и фрезерных станках, без проведения операций отпуска и отжига.

Химический состав стали 3 представлен на Рисунке 1.2



Рисунок 1.2 – Химический состав стали 3

Механические свойства стали представлены на Рисунке 1.3. Данная сталь характеризуется хорошей обрабатываемостью лезвийным инструментом, отсутствием возможности термической обработки, а также слабой способностью к абразивной обработке. Материал хорошо обрабатывается электроэрозионными методами (с использованием координатных проволочных и прошивных станков).

Марка стали	Предел текучести в Н/мм ²	Временное сопротивление в Н/мм ²	Относительное удлинение δ_{10} в %	Относительное удлинение δ_s в %
Ст.0		Не менее 32	18	22
Ст.1, Ст.1 кп		320-400	28	33
Ст.2, Ст.2 кп	220	340-420	26	31
Ст.3, Ст.3 кп	240	380-470	23-21	27-25

Рисунок 1.3 – Механические свойства материала

Учитывая специфику условий единичного производства на базовом предприятии (на котором проходила производственная и преддипломная практика) делаем однозначный вывод о необходимости разработки математической модели детали, с целью удобства и оптимизации ее представления и анализа при последующем проектировании операционной технологии. Твёрдотельную модель («солид») выполняем в программном пакете «Компас». Визуализированные эскизы модели представлены на Рисунках 1.4 – 1.5.

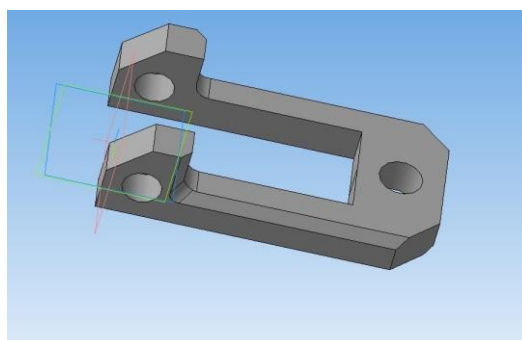


Рисунок 1.4 – Визуализированная модель основания

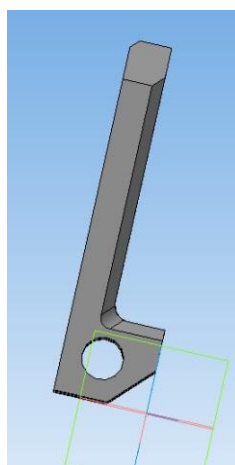


Рисунок 1.5 – Визуализированная модель основания

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

В связи со спецификой, определяющей необходимость применения САМ-пакетов для использования, как при разработке, так и при реализации технологического процесса механической обработки, в данном разделе бакалаврской работы требуется выполнить обзор уровня развития САМ пакетов, выделить и описать основные технические решения, наметить пути для использования полученной информации в совершенствовании реального технологического процесса.

Найденная информация может быть полезна студентам и локальным потребителям (металлообработчикам) для повышения их кругозора в мире Computer-Aided Manufacturing (САМ), а также вспомогательного фактора при выборе программного продукта.

Источники информации

С учетом того, что конфигурация отечественного рынка САМ сильно отличается от мирового, пришлось проделать длительную и кропотливую работу по сбору и анализу большого массива данных.

Для подготовки первой (деловой) части обзора использовались следующие инструменты:

- Были заданы вопросы некоторым российским и иностранным разработчикам САМ-систем и получены на них ответы.
- Активное общение с сотрудниками компаний- поставщиков промышленного оборудования, которые вполне охотно, хоть и неофициально делились цифрами и фактами своей деятельности, информацией о победах и неудачах в конкурентной борьбе.
- Посещение ряда сайтов программных продуктов помогло установить количество их поставщиков, а в некоторых случаях даже оценить число предприятий-пользователей.

- Анализ закупочной деятельности на известных площадках оказался полезен для оценки текущего объема и спроса на различные продукты.

- Отчет WorldMachineToolSurvey 2016 от GardnerResearch оказался крайне полезен и использовался нами для лучшего понимания мирового рынка станков с ЧПУ.

Для подготовки второй части обзора нам пришлось временно объединиться с сотрудниками одной из тольяттинских производственных компаний, занятых выбором САМ-системы для ее последующего приобретения. Был создан обширный чек-лист параметров, по которому стало бы возможным сравнение функциональных и стоимостных характеристик продукта, а также оценка оперативности и качества ответов на запросы. Подобный бенчмаркинг используется часто, мы лишь расширили круг претендентов на победу в конкурсе с 3-5 продуктов до более чем 20, то есть рассмотрели практически все предлагаемые в России системы. Далее, следуя четкому алгоритму, обратились к поставщикам САМ. Результаты их общения скрупулезно фиксировались для последующего анализа. Полученный таким образом контент позволяет с высокой степенью достоверности сравнивать как сами продукты, так и их поставщиков по множеству критериев.

Рынок станков с ЧПУ

Главным драйвером роста рынка САМ является уровень потребления станков с ЧПУ. Считается, что на каждые десять станков приходится одно рабочее место САМ-системы. Таким образом, если вы хотите сделать какой-либо прогноз по интересующему нас рынку “софта” будет не лишним посмотреть в сторону “железа”.

В 2015 году мировой рынок потребления станков с ЧПУ оценивался в 79.1 млрд. долларов США, что на 11% меньше показателя 2014 года. Российский рынок в долларовом выражении упал еще сильнее: к мировому

финансовому кризису добавились санкции и двукратный рост курса валют, что привело к тяжким последствиям для бизнеса поставщиков станков с ЧПУ — значительная их часть с трудом пережила 2015-й. По нашей оценке, падение могло составить 25-30%. С другой стороны, лидеры отечественного рынка за прошедшие два года хоть и снизили динамику продаж в количественном выражении, но, судя по всему, добились в 2016 году неплохого (15-20%) роста рублевой выручки.

Несмотря на общую отрицательную динамику, отмечается рост продаж 4-х и 5-ти осевых, а также многозадачных станков по отношению к простым 2-х и 3-х осевым станкам. Это положительный знак для разработчиков и поставщиков САМ-систем, так как основные деньги в нашей индустрии зарабатываются именно на решении технологически сложных задач и, очевидно, что данный тренд будет лишь укрепляться.

Программные продукты САМ

Приведенные в обзоре данные не включают в себя статистику по классам смежного и сопутствующего ПО, к которым можно отнести продукты верификации (Verification) и симуляции (Simulation), постпроцессирования (PostProcessing), измерения (CMM) и обратного инжиниринга (ReverseEngineering). Таким образом, наш анализ затрагивает исключительно рынок САМ-систем, разработчиков которых условно можно разделить на два типа: САМ-ориентированные компании, основным продуктом которых является именно САМ, и компании, использующие САМ в составе CAD/CAM и PLM-комплексов, причем функционал САМ в таких решениях не является доминантой. Всего в мире насчитывается порядка 60 программных продуктов, относящихся к интересующей нас категории, из них примерно половина имеет международное признание и чуть более 20 продуктов представлены на отечественном рынке. Кроме того, все САМ подразделяются на те, что имеют собственные средства моделирования и

продукты, встраиваемые и работающие исключительно в интерфейсе популярных CAD-систем. Последнее деление по CAD признаку несколько не мешает разработчикам получить существенную долю рынка. Основные CAM средства представлены на Рисунке 2.1

Продукт	Разработчик	Продукт	Разработчик
ADEM	ADEM	NX	Siemens PLM Software
Alphacam	Vero Software (HEXAGON)	PEPS	Vero Software (HEXAGON)
ArtCAM	Autodesk	PowerMILL	Autodesk
BobCAD-CAM	BobCAD-CAM	SharpCam	SharpCam Ltd.
CAM-TOOL	C&G Systems Inc.	SolidCAM/InventorCAM	SolidCAM
CAMWorks	Geometric Technologies	Space-E	NTT DATA ENGINEERING SYS.
CATIA	Dassault Systèmes	SprutCAM	SPRUT Technologies
CimatronE	Cimatron Group	SurfCAM	Vero Software (HEXAGON)
Creo	PTC	Tebis	Tebis Technische Inf. AG
Edgecam	Vero Software (HEXAGON)	Tehtran	NIP-Informatica
ESPRIT	DP Technology	T-FLEX	Top Systems
FeatureCAM	Autodesk	TopSolid	Missler Software
GeMMa 3D	NTC Gemma	VISI	Vero Software (HEXAGON)
GibbsCAM	Cimatron Group	VisualCAD/CAM	MecSoft Corporation
GO2cam	Go2cam International	WorkNC	Vero Software (HEXAGON)
Autodesk HSM	Autodesk	ZW3D	ZWSOFT
hyperMILL	OPEN MIND		
Mastercam	CNC Software		
NCGCAM	NCG CAM Solutions		

Рисунок 2.1 – Основные виды CAM-продуктов и их производители

За прошедшие два года с момента начала работы таблица с названием популярных CAM-систем и компаний-разработчиков не претерпела существенных изменений – лишь бренд Delcam исчез из названия продуктов, отныне принадлежащих Autodesk. Кроме того, Autodesk теперь продает HSMWorks и Inventor HSM совместно под названием Autodesk HSM. В

компании считают, что такое объединение продуктов будет выгоднее для покупателей.

США в настоящий момент являются безусловным лидером по количеству производимых продуктов САМ, на втором месте – Великобритания (если учитывать происхождение серии Delcam), Россия замыкает первую тройку. Объем рынка САМ-продуктов по годам в отношении России представлен на Рисунке 2.2.

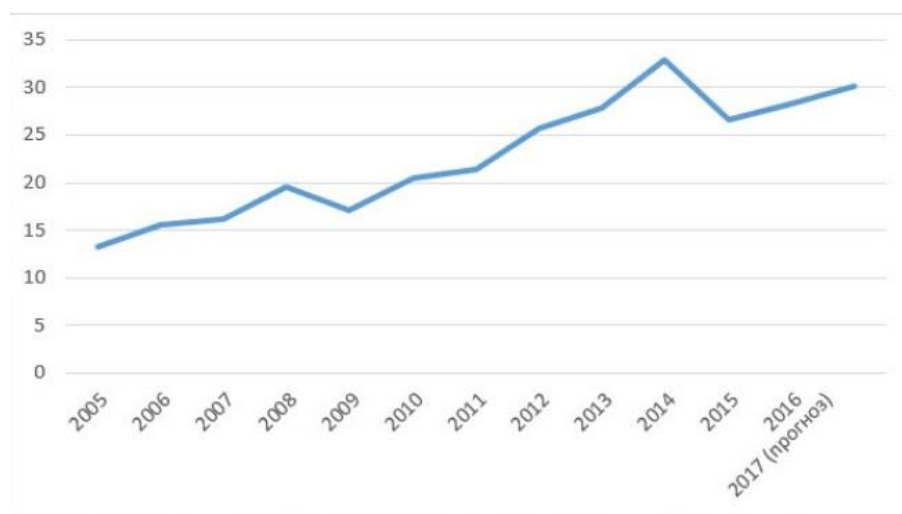


Рисунок 2.2 – Объем российского рынка САМ (в млн долларов).

Отечественный рынок САМ пострадал от кризиса аналогично рынку станков с ЧПУ. В 2015 году падение составило около 22%, в 2016 ситуация начала выправляться – объем рынка достиг величины порядка 28 млн долларов США, что всего на 16% меньше рекордного показателя 2014 года. Если же оценивать объем рынка в рублевом выражении, то можно констатировать, что он вырос.

Сервис является весомой составляющей САМ бизнеса. Кроме приобретения лицензий ПО предприятия оплачивают консультационно-методические услуги (обучение пользователей), техническую поддержку, разработку постпроцессоров и виртуальных станочных моделей. В 2015 году рынок услуг обвалился на 30%, в следующем – падение продолжилось и добралось до цифр конца 2011 года. Российские пользователи САМ, в

отличие от западных, не горят желанием приобретать годовую поддержку (Software Maintenance Contract — SMC), обеспечивающую обновление продуктов и помощь в эксплуатации — в среднем лишь 45% новых контрактов на поставку САМ включают SMC и не более 60% отечественных предприятий приобретают поддержку после первого года использования.

Маркетинг

Наиболее продуктивными в сфере маркетинга и рекламы за прошедший год следует признать три иностранных продукта: ESPRIT, Mastercam и SolidCAM и два отечественных: SprutCAM и ADEM. SolidCAM делает ставку на развитие дилерской сети и пиар своего фирменного BCO модуля iMachining. ESPRIT и SprutCAM привычно активны в интернет — новостной блог поставщика ESPRIT обновляется практически ежедневно, а программный продукт из Набережных Челнов блистает симпатичными посадочными страницами (landingpage). ADEM и Mastercam могут похвастаться приличным количеством опубликованных рекламных статей.

Delcam, который еще недавно был безоговорочным лидером в медийном пространстве, после поглощения Autodesk и реформирования бизнеса на российском направлении заметно потерял в публичности, при этом узнаваемость PowerMILL и FeatureCAM не пострадала. На Рисунке 2.3 представлена диаграмма по степени узнаваемости брендов САМ-систем.

Подавляющее большинство компаний понимает, что сегодня на рынке невозможно завоевать прочные конкурентные позиции, не добившись широкого признания своих брендов потребителями. Сила бренда повышается, когда потребители признают, что соответствующей компании или продукту можно доверять. Прошедшие два года практически не изменили позиций сильных брендов, но, судя по проведенному опросу, позволили ряду отстающих набрать дополнительные очки популярности. Стоит подчеркнуть, что сама по себе известность САМ-системы напрямую

не влияет на уровень ее продаж. С другой стороны, функциональные возможности продукта так же не являются залогом коммерческого успеха — здесь нужен баланс качеств.

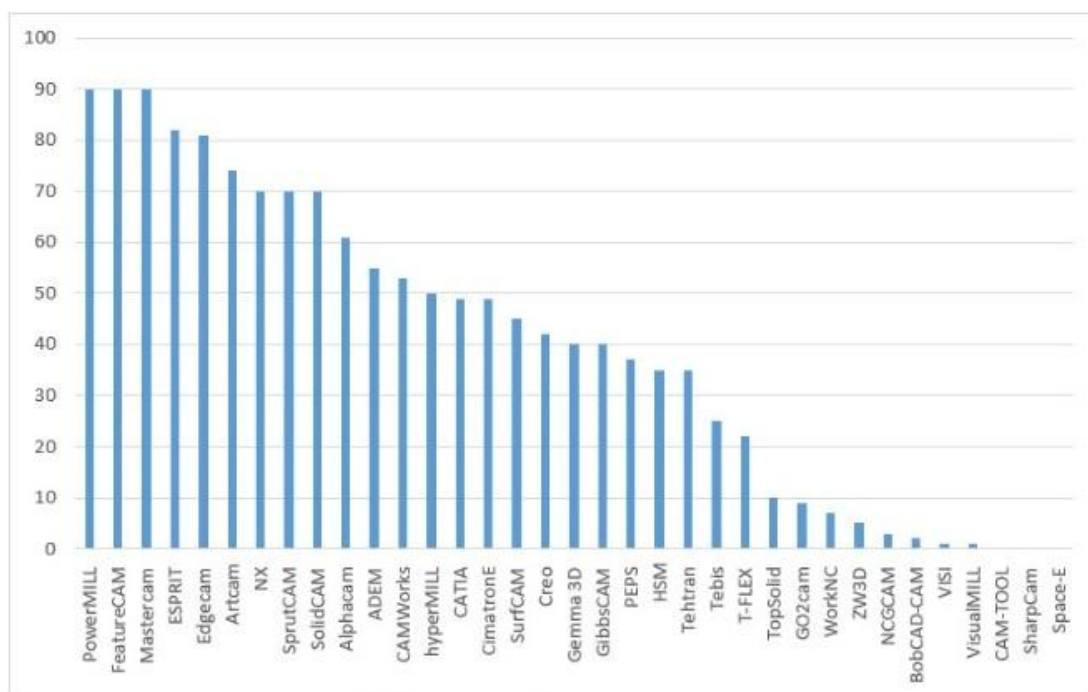


Рисунок 2.3 – Степень узнаваемости брендов САМ-систем

Лицензионная чистота

Уровень использования нелегального программного обеспечения в России в 2015 году составил 64%, что на два процентных пункта больше по сравнению с показателем 2013 года, говорится в исследовании международной ассоциации производителей программного обеспечения BSA. Для сравнения, в мире доля установок пиратского ПО в 2015 году составила 39%, в 2013 году этот показатель был на уровне 43%.

Что касается уровня пиратства в области САМ, то ситуацию на крупных и средних российских предприятиях можно охарактеризовать как относительно благополучную. Доля лицензионного САМ в 2016 г., по нашей оценке, достигла значения в 60%, а пиратского, соответственно — 40%. На

Рисунке 2.4 показаны доли пиратских и лицензионных продуктов на рынке нашей страны.

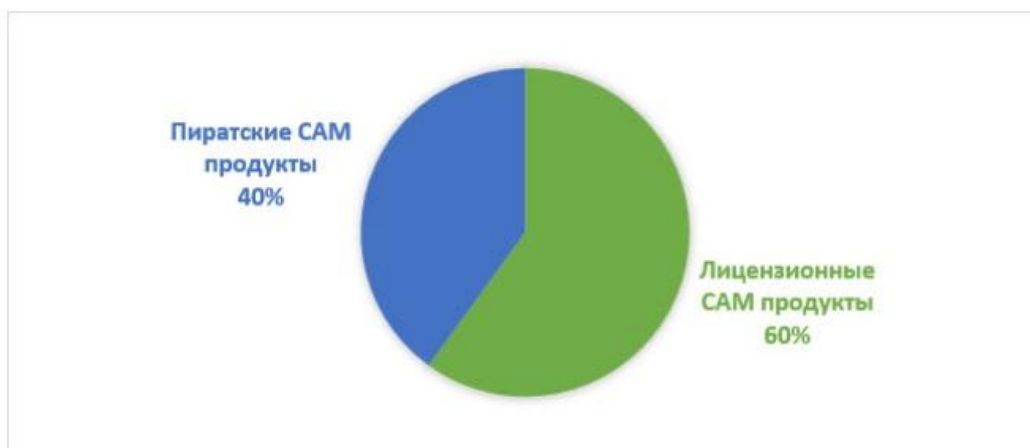


Рисунок 2.4- Доля пиратских и лицензионных САМ систем на рынке нашей страны

Рабочие места САМ по видам обработки

Около 60% от общего числа проданных в нашей стране рабочих мест САМ-систем приходится на фрезерование. При этом предприятия стали активнее приобретать лицензии для “3+2” и полноценной 5-ти осевой обработки.

Доля рабочих мест для токарной и токарно-фрезерной обработки выросла и достигла величины 25%. Рынок САМ для электроэрозионной обработки не развивается и по-прежнему составляет всего 3%. Оставшиеся 12% — это САМ для работы с промышленными роботами, газо-плазменным, дыропробивным, штамповочным, деревообрабатывающим и прочим специализированным оборудованием.

Способы создания УП

В России около 57% от общего объема всех УП создаются с использованием САМ. Данный способ отличается не только высокой степенью автоматизации работы технолога-программиста, но и за счет

разделения процессов подготовки и выполнения УП позволяет сократить время простоя оборудования.

На Рисунке 2.5 показана доля распределения САМ-систем по видам обработки.

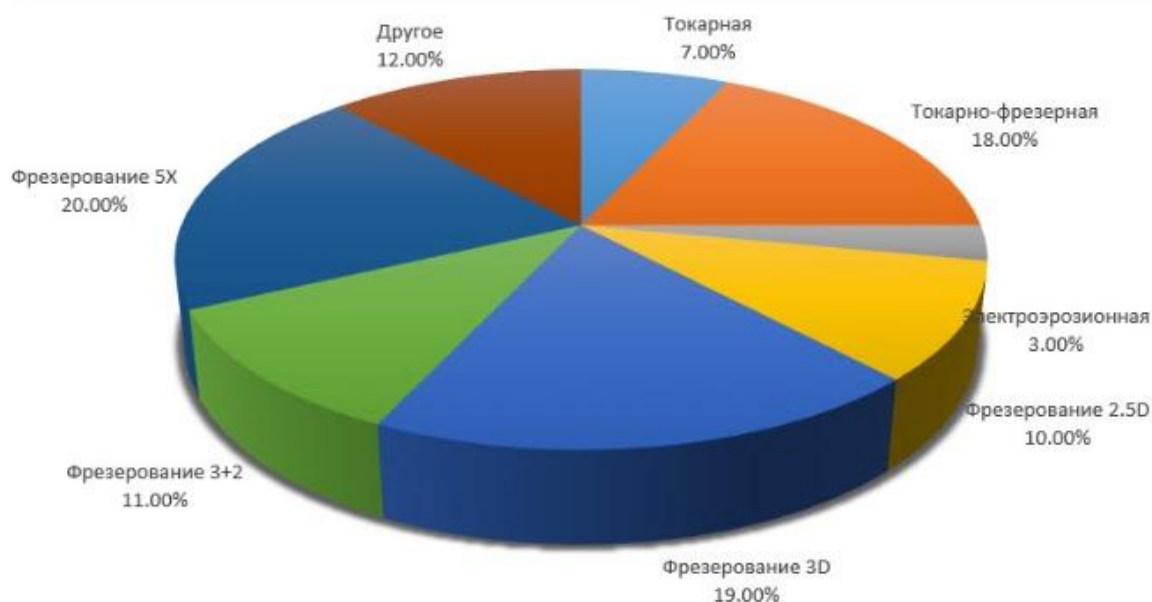


Рисунок 2.5- Доля распределения САМ систем в России по видам обработки

Оставшиеся 43% приходятся на так называемое цеховое программирование, когда оператор станка использует специальные возможности УЧПУ для автоматизации процесса подготовки УП, либо составляет их вручную. Действительно, написание УП для 2-х осевой токарной обработки в большинстве случаев не вызывает острой необходимости в САМ. Кроме того, вычислительные возможности и графический интерфейс современных стоек ЧПУ позволяют оператору вполне комфортно решать задачи “плоской” фрезерной обработки средней сложности.

На Рисунке 2.6 представлена круговая диаграмма распределения способов создания управляющих программ при работе на современном металлообрабатывающем оборудовании.

Доля рынка САМ по предприятиям-пользователям

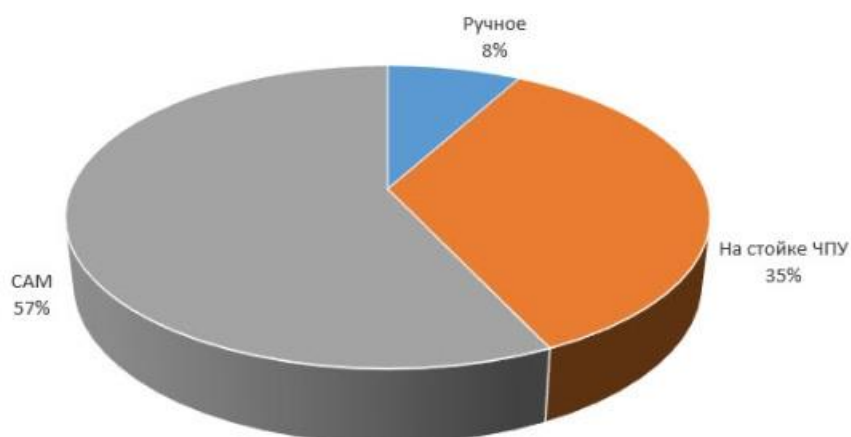


Рисунок 2.6 – распределение способов создания управляющих программ

Общая доля рынка наряду с величиной годового прироста новых предприятий-пользователей в конкретной стране служат важнейшими показателями успешности как вендора, так и его продукта. Самой распространенной САМ-системой в России следует признать Техтран. Этот относительно недорогой программный продукт “отгружается” заказчикам практически каждый день. Сделаем оговорку, что речь идет о модуле для раскроя. Лицензии для фрезерной, токарной и электроэрозионной обработки составляют не более 15% от общего числа поставленных компаний "НИИ-Информатика" продуктов Техтран. В 2016 году разработчик из Санкт-Петербурга имплементировал геометрическое ядро C3D компании АСКОН, что по идее должно усилить как технические возможности системы, так и продажи ее версий для механообработки.

Если же оценивать рынок более традиционно, не учитывая САМ для обработки листа, то картина выглядит следующий образом: Autodesk и Siemens PLM имеют равные доли в 21%. При этом в зачет Autodesk включена вся продуктовая САМ линейка поглощенной британской компании Delcam: PowerMILL, FeatureCAM, ArtCAM, PartMaker, плюс Autodesk HSM.

За лидерами следуют Creo с предшественником Pro-E и САМ-система ESPRIT от DP Technology. Замыкает первую пятерку российский SprutCAM. Примечательно, что самая инсталлируемая в промышленности САМ-система в мире, отнюдь не так популярна у нас – доля американского Mastercam за почти 20 лет присутствия на отечественном рынке не достигает даже скромных 4%.

Шумная конкурентная борьба между ESPRIT и Mastercam, которая наблюдалась еще пару лет назад, практически сошла на нет. Каждый из заокеанских продуктов нашел “своего” пользователя и занял определенную нишу. На Рисунке 2.7 показано долевое распределение продуктов САМ по предприятиям.

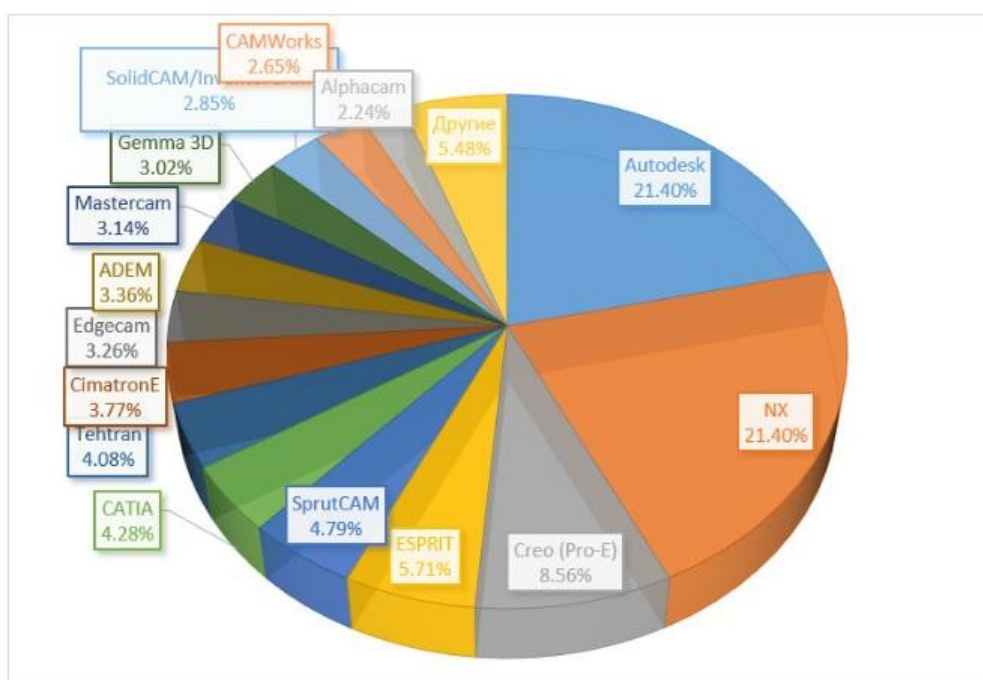


Рисунок 2.7 – Доля распределения продуктов САМ по предприятиями

Доля рынка САМ по учебным заведениям

Лидером по количеству ВУЗов, использующих САМ в образовательном процессе, теперь является Autodesk. Внушительную долю в этом сегменте имеет ADEM, бизнес которого в значительной мере

сфокусирован на поставке учебных лицензий и активной работе с колледжами и школами. Конъюнктура способствовала росту числа учебных заведений, использующих Mastercam – известно, что CNC Software является ведущим участником движения WorldSkills, стремительно набирающего популярность и в нашей стране. Доля NX составляет чуть более 8%, российские GeMMA 3D и SprutCAM вошли первую в пятерку с показателями в почти 9% и 7% соответственно. На Рисунке 2.8 показано долевое распределение продуктов CAM среди учебных заведений.

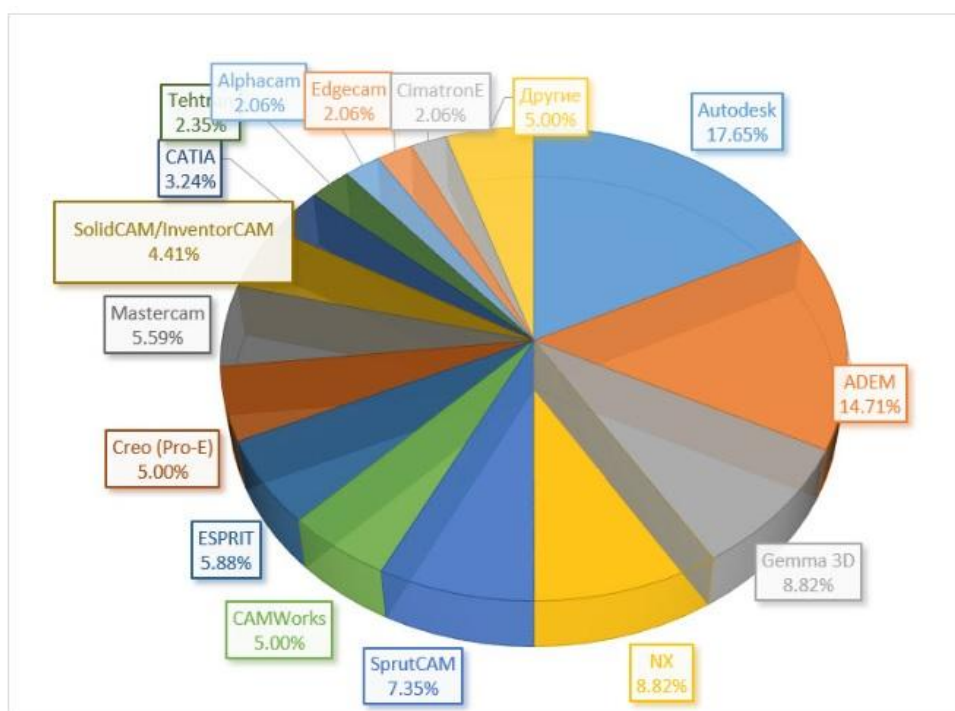


Рисунок 2.8 – Доля распределения САМ-пакетов по высшим учебным заведениям

Лидеры продаж

Показатель количества новых предприятий-пользователей крайне важен для понимания того, насколько программный продукт востребован в определенной стране. Для потенциального покупателя системы важно видеть не доходы разработчика или реселлера, не количество лицензий, проданных за все время существования во всем мире, а сколько предприятий решилось

инвестировать в покупку той или иной системы за последний год. Если продукт числился в лидерах на протяжении десятка лет, а статистика за последний год демонстрирует близкие к нулевым продажи или значительное их падение, то, очевидно, что он перестал быть востребован в силу ряда причин.

Лидером по количеству инсталляций САМ у новых пользователей в 2016 году становится Autodesk, совсем немного опередивший Siemens PLM. Однако в зачет Autodesk включена вся линейка поглощенной британской компании Delcam, плюс системы HSMWorks и Inventor HSM, объединенные под новым брендом Autodesk HSM, тогда как для Siemens PLM учитывается всего один продукт — NX. На пьедестале почета также разместился ESPRIT от DP Technology, буквально на доли процента опередивший SprutCAM.

Политика импортозамещения вместе с ростом курса валют способствовала удержанию позиций российских разработчиков и объема их продаж на докризисном уровне. Однако, как видно из диаграммы, не помогла возглавить рейтинги — отечественные предприятия продолжают охотно приобретать иностранные САМ-системы. SprutCAM и Техтран в 2016 году продемонстрировали очень хороший рост выручки, которая у обоих продуктов достигла 36% в рублевом выражении. Успехи ADEM, T-Flex и Гемма-3D скромнее и, по нашей оценке, составили порядка 5-10%. Дилеры американских и европейских САМ-систем хоть и стали продавать меньшее количество лицензий, но сохранили и даже увеличили рублевую выручку.

Сравнение стоимости

Даже при наличии прайс-листов по всем САМ-системам не так просто сделать сравнение их стоимости. Трудность заключается в том, что, продукты отличаются, во-первых, технически: от мелких деталей, нюансов (вроде количества опций в параметрах стратегии) до принципиальных вещей и даже специализации, и, во-вторых, политикой лицензирования. Кроме того,

существуют отечественные продукты, продающиеся за рубли, и иностранные, цена которых зависит от постоянно изменяющихся курсов валют.

Для обеспечения максимальной объективности принимаем следующие условия:

- Стоимость указана в рублях, а курс валют зафиксирован на дату завершения подготовки обзора: 1 USD = 64 руб., 1 EUR = 72 руб.

- Не учитываем маркетинговые и рекламные акции поставщиков — в некоторых случаях стоимость продуктов может быть уменьшена на величину от 10 до 50%.

Для каждой из категорий сравнения подобран, насколько это возможно, состав лицензий, обеспечивающий равный технологический функционал. Допустим, предприятию требуется CAM-система для полноценной 3-х осевой фрезерной обработки с симуляцией, возможностью генерации карт наладки и импорта файлов в формате STEP, поддержкой BCO, но без функционала автоматической обработки. Рассматриваются следующие продукты, условно относящиеся к одному классу: ESPRIT, FeatureCAM и Mastercam.

Для решения поставленной задачи в ESPRIT потребуются следующие опции: CommercialLicense; SolidMillTraditional; FreeForm 3-axis; ReportGenerator; STEP/STL Package — общей стоимостью чуть более 700 тыс. руб. Прайс-лист ESPRIT содержит множество позиций и позволяет собрать требуемую конфигурацию очень точно, без переплаты за лишний функционал. Стоимость может быть снижена за счет отказа от опций вроде карты наладки ReportGenerator и чтения файлов в форматах STEP и STL. Однако сделать мы этого не можем, так как указанный функционал присутствует в требованиях заказчика. В предложении ESPRIT объединены в одну позицию поддержка STEP и STL файлов, то есть предложенный функционал немного избыточен.

Прайс-лист AutodeskFeatureCAM предлагает выбор всего из трех фиксированных комплектаций: Standard, Premium и Ultimate. Первый вариант предназначен для программирования 2.5-осевой фрезерной, 2-х осевой токарной и 4-х осевой электроэрозионной обработки. Вариант Ultimate поддерживает полноценную 5-ти осевую фрезерную обработку, токарно-фрезерные станки и автоматы продольного точения. Таким образом, оптимальным представляется выбор пакета — Premium за 800 тыс. руб., обеспечивающий 3-х осевое фрезерование, обработку “3+2”, токарно-фрезерные операции и симуляцию.

Для Mastercam выбор ограничен двумя вариантами: Mill, который имеет в своем активе скромное количество стратегий для 3-х осевого фрезерования и Mill3D за почти 900 тыс. руб., полностью удовлетворяющий поставленной задаче. Кроме того, система в выбранной конфигурации поддерживает обработку “3+2” и может похвастаться функционалом FBM для автоматического расчета траекторий.

С большой долей вероятности, предприятие выберет ESPRIT, так как продукт обеспечивает решение поставленной задачи за минимальную цену. Однако, если у заказчика появится токарный станок, то более выгодным станет приобретение AutodeskFeatureCAMPremium, в котором фрезерная и токарная обработка предлагаются в комплекте. Для добавления функционала автоматической обработки в ESPRIT придется докупить модули KnowledgeBase и Cutdata — в этом случае стоимость продукта вырастет на 150 тыс. руб. и вплотную приблизится к цене Mastercam.

При выборе CAM-системы необходимо принимать во внимание не только ее стоимость, но и затраты на обучение сотрудников предприятия, разработку постпроцессоров и последующее обслуживание.

3-х осевая фрезерная обработка

В данной категории оценивается стоимость продуктов для полноценной 3-х осевой фрезерной обработки, включающей (там, где это применимо) стратегии ВСО. На Рисунке 2.9 представлены основные пакеты для 3-х осевой фрезерной обработки.

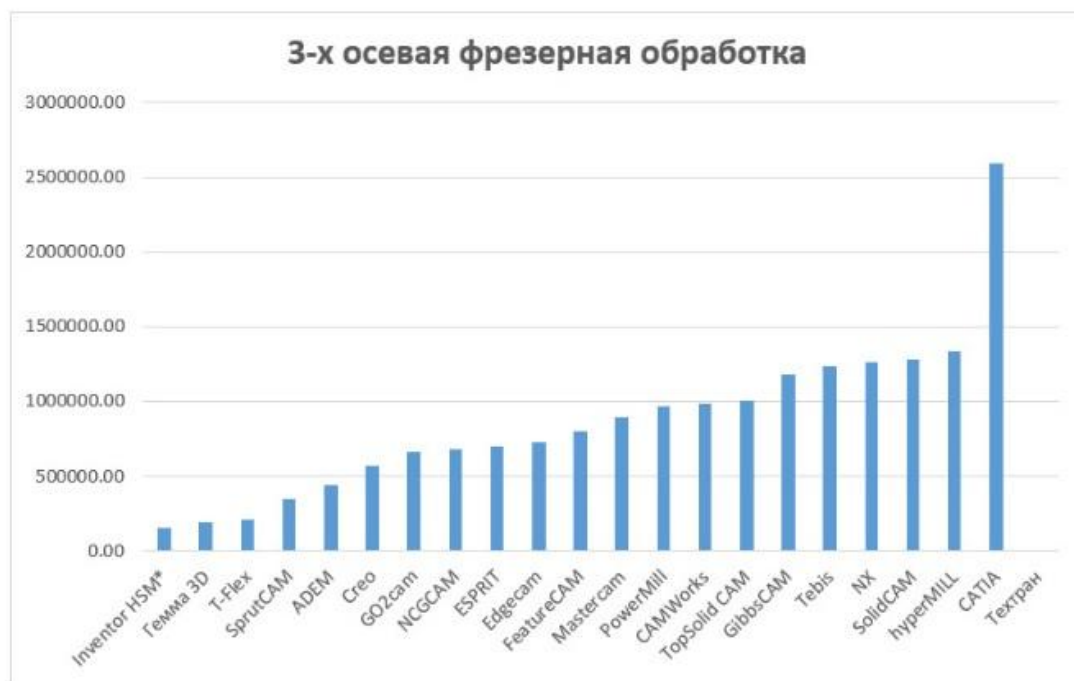


Рисунок 2.9 – пакеты для 3-х осевой фрезерной обработки

Единственным продуктом, который не удовлетворяет требованиям категории, оказался отечественный Техтран, который, благодаря имплементации геометрического ядра C3D компании АСКОН, хоть и научился импортировать трехмерные модели различных форматов, но обработка все еще ведется исключительно в 2.5D режиме.

Самым недорогим продуктом оказался Inventor HSM (название на момент выполнения работы), который доступен в виде подписки за 2470 долларов США в год, что в рублях составляет менее 160 тыс. руб. Аналогичный вид лицензирования предполагается и для продуктов, входивших ранее в серию Delcam: PowerMILL, FeatureCAM и ArtCAM.

Если рассматривать так называемые постоянные лицензии, то отечественные CAM-системы остаются вне конкуренции. Разброс цен на Гемма 3D, T-Flex, SprutCAM и ADEM лежит в пределах от 195 тыс. до 445 тыс. руб.

Начиная с Creo и вплоть до TopSolid CAM стоимость продуктов увеличивается плавно, доходя до отметки в 1 млн руб.

Самой дорогой системой признаем CATIA, цена которой на момент запроса предложений превышала 2.5 млн руб.

5-ти осевая фрезерная обработка

В данной категории сравнивается стоимость продуктов для одновременного 5-ти осевого фрезерования, без наличия специализированных многоосевых стратегий. На Рисунке 2.10 представлены основные пакеты для 5-ти осевой обработки.

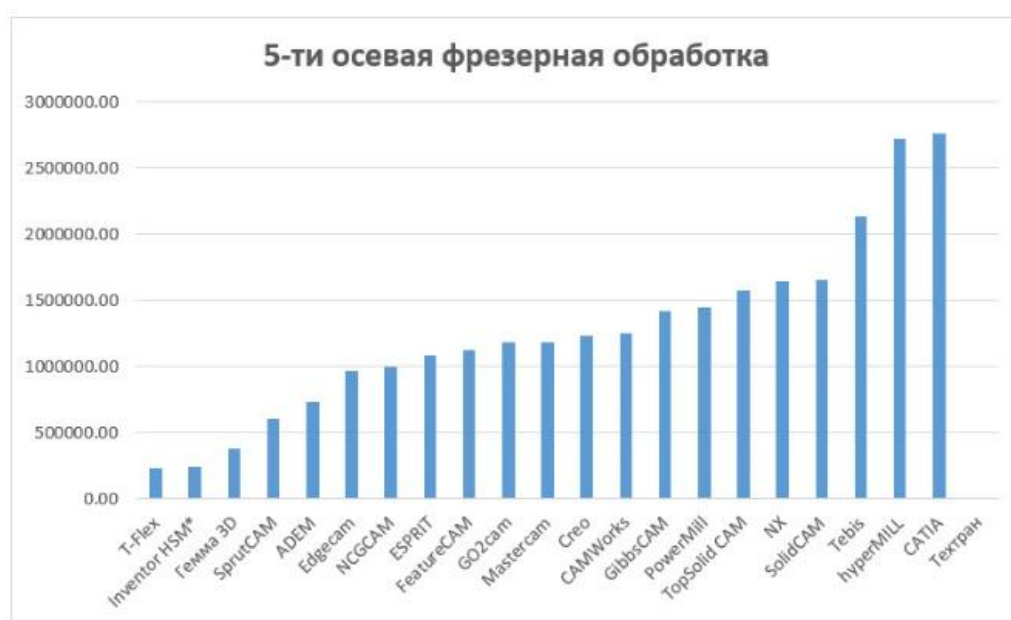


Рисунок 2.10 – пакеты для 5-ти осевой обработки

Подписка на AutodeskInventor HSM, приобретение лицензий Гемма 3D или T-Flex ЧПУ 3D — вот самые доступные варианты для начала работы с 5-

ти осевым станком. Программный продукт компании “Топ Системы” можно приобрести всего за 230 тыс. руб. К сожалению, перечисленные системы предоставляют довольно ограниченный функционал многоосевой обработки и не способны на равных конкурировать даже с продуктами средней стоимости.

Лучше в техническом смысле обстоят дела у SprutCAM, ADEM, NCGCAM и Edgcam, цена которых не превышает психологическую отметку в миллион рублей.

Средний ценовой диапазон начинается с ESPRIT, который за сумму, немного превысившую 1 млн руб., предоставляет еще и специализированные траектории для обработки лопаток, импеллеров и каналов двигателя.

Выше отметки в 1.5 млн рублей расположились популярные NX и SolidCAM, и пока еще экзотический для нас французский TopSolid CAM.

Tebis, hyperMILL и CATIA возглавили список самых дорогих CAM-систем для 5-ти осевого фрезерования.

Токарная обработка

В данной категории сравнивается стоимость продуктов для 2-х осевой токарной обработки.

Исключение составляет NCGCAM — специализированный продукт для фрезерования сложных поверхностей пресс-форм и штампов, который не обладает возможностями программирования даже самой простой токарной обработки.

Несмотря на то, что диапазон цен на токарный CAM довольно широк: от 107 тыс. за Гемма-3D до 2 млн руб. за Tebis, большинство продуктов отличается умеренной стоимостью. И в этом случае вы справедливо можно не переплачивать, выбирая отечественные продукты. Например, тот же Техтран или SprutCAM по технологическим возможностям вполне сопоставимы с более дорогими иностранными системами, например, Mastercam.

Обращаем внимание, что на гистограмме присутствует PowerMILL – новая версия этой системы к традиционно сильной стороне продукта, связанной с фрезерованием добавила небольшой набор токарно-фрезерных операций.

Самая высокая стоимость оказалась у CAMWorks, CATIA и Tebis, в которых токарная обработка не отделима от прочего богатого функционала.

Токарно-фрезерная обработка

В данной категории сравнивается стоимость продуктов для токарной, фрезерной обработки с поддержкой осей C, Y, B. Необходимо отметить, что только часть продуктов обладает возможностью динамического управления осью B.

В самую доступную по цене пятерку входят российские Техтран, T-Flex, SprutCAM и Гемма 3D, а также годовая подписка на Inventor HSM от Autodesk. Традиционно самыми дорогими мы признаем NX, Tebis и CATIA.

Автоматы продольного точения

В данной категории оценивается стоимость продуктов для программирования обработки на автоматах продольного точения. Возможно, вы удивитесь, но полноценно работать с автоматами продольного точения способны далеко не все системы — даже те, которые обладают широкой известностью и считаются технологически продвинутыми. К подобным можно отнести Edgcam, hyperMILL и Mastercam, который для этих целей предлагает отдельный SwissExpert. Ценовой диапазон варьируется от 369 тыс. руб. за SprutCAM “Мастер” до рекордных 3 млн. 800 тыс. руб. за CATIA.

Анализ предложений показывает, что стоимость решения зависит от политики лицензирования и степени детализированности прайс-листа. Продукты, состоящие из большого количества модулей и, соответственно, предлагающие обширный и гибкий список позиций, позволяют сделать

итоговую стоимость на конкретные виды обработки более низкой. Продукты, предлагающие набор фиксированных комплектаций, наоборот, оказываются более дороги для какого-то определенного вида обработки, но оправдывают ожидания по цене в случае необходимости получения максимально широких технологических возможностей. Например, Tebis, который был чрезвычайно дорог для решения узких задач, оказался вполне конкурентоспособным в вопросе комплексной обработки.

В итоге, самыми доступными признаем все отечественные САМ-системы, а самыми дорогостоящими: hyperMILL, Mastercam и CATIA. Mastercam в этой тройке оказался по той причине, что для работы с автоматами продольного точения требуется фактически дополнительный продукт — SwissExpert, без которого штатных возможностей системы от CNC Software может не хватить. Кроме того, для доступа к специализированным многоосевым траекториям Mastercam нужно приобретать опциональные модули BladeExpert и PortExpert.

Поддержка

Контракт на поддержку (Software Maintenance Contract — SMC или просто — Maintenance) в большинстве случаев обеспечивает пользователю возможность установки обновлений программного продукта и обращения за помощью к реселлеру САМ-системы. Цена SMC обычно рассчитывается в процентах от общей стоимости лицензии и варьируется в пределах от 10 до 20% за год использования.

Учитываем, что приобретение поддержки для ряда продуктов является обязательным. Кроме того, в некоторых случаях предусмотрен штраф, если SMC не была продлена вовремя.

Самая низкая стоимость поддержки оказалась у таких дорогостоящих программных продуктов как Tebis и TopSolid. Mastercam и hyperMILL оценивают Maintenance в 12%, что на полпроцента меньше, чем у ESPRIT и

GibbsCAM. Самыми дорогими в обслуживании оказались NX, CATIA, CAMWorks и Creo.

Постпроцессоры

Четкого ответа на вопрос о стоимости постпроцессора не существует - простой, стандартный или созданный ранее “пост”, скорее всего, достается предприятию даром. Часто поставщик предлагает разработку постпроцессоров на коммерческой основе. Во втором случае, условная стоимость определяется по количеству рабочих осей (3, 4, 5 и т. д.) и опций станка (барфидер, противопиндель и пр.). В конечном итоге, когда станков много, они сложные - инвойс за подобные услуги будет сопоставим или даже превысит размер инвестиций в приобретение самого программного продукта.

На сегодняшний день средняя стоимость разработки постпроцессора для 3-осевого фрезерного станка с ЧПУ лежит в районе 165 тыс. за 3-осевой - и 305 тыс. руб. за 5-осевой постпроцессор, то есть выходит примерно 60 тыс. руб. за рабочую ось. В ряде случаев в стоимость постпроцессора входит разработка кинематической схемы (SprutCAM) или виртуальной модели станка.

Наиболее внушительной библиотекой постпроцессоров и 3D моделей станков из иностранных CAM-систем может похвастаться ESPRIT. Кроме того, значительная часть из них, в том числе на 5-ти осевое и токарно-фрезерное оборудование известных производителей предоставляется российским пользователям бесплатно или по самой низкой цене.

Отечественный ADEM отличился высокой стоимостью разработки постпроцессора как для 3-х, так и для 5-ти осевого станка. По словам представителя компании, такая цена вызвана тем, что постпроцессор сдается заказчику на примере “живой” обработки детали, что, гарантирует высокое качество и меньшее количество возможных проблем при его дальнейшей

эксплуатации. Подобная комплексная услуга у конкурентов ADEM может стоить в несколько раз дороже.

Целью выполнения данного раздела бакалаврской работы является необходимость зафиксировать актуальные позиции ведущих разработчиков САМ и соответствующих программных продуктов в основных рейтингах применительно к российскому рынку САПР. Полученная информация может послужить хорошей основой для дальнейших наблюдений и выводов, составления более точных и детализированных документов, а также поможет потребителям и предприятиям в выборе оптимальной для решения их задач САМ-системы. Также полученные данные помогут нам, при выполнении бакалаврской работы выбрать оптимальный САМ-пакет для решения технологической задачи механической обработки основания.

Анализ технологичности основания при помощи САМ модуля

На рис. 2.11-2.13 показан анализ технологичности детали крюк в проверочном модуле SolidWorks.

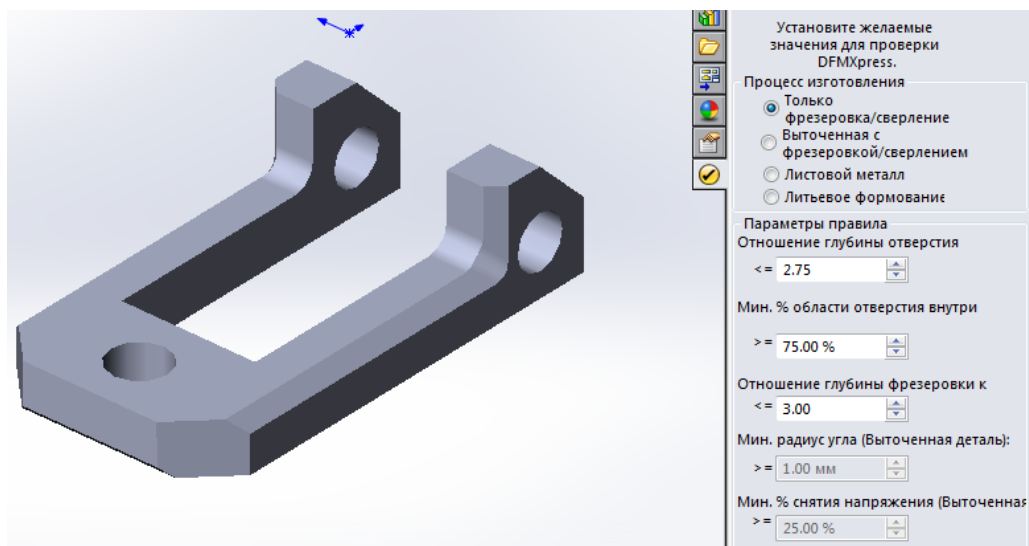


Рисунок 2.11 - Загрузка 3-D модели в проверочный модуль

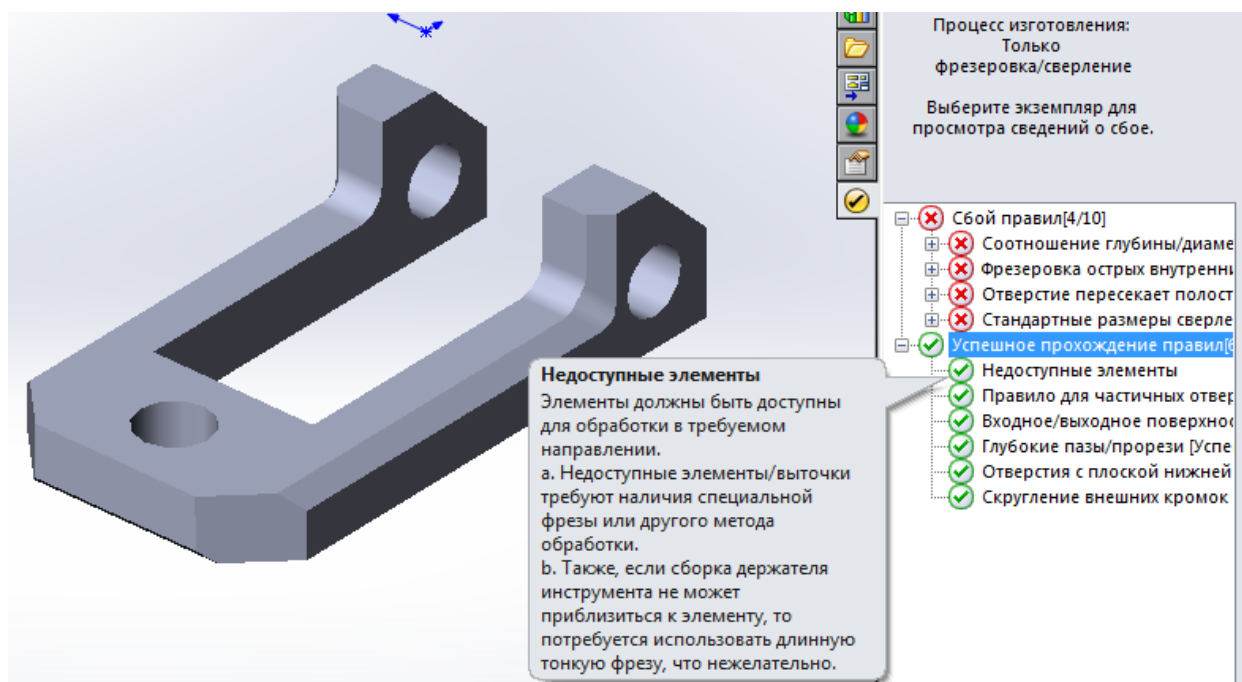


Рисунок 2.12 - Соответствие технологичности в плане доступности элементов детали для режущего инструмента

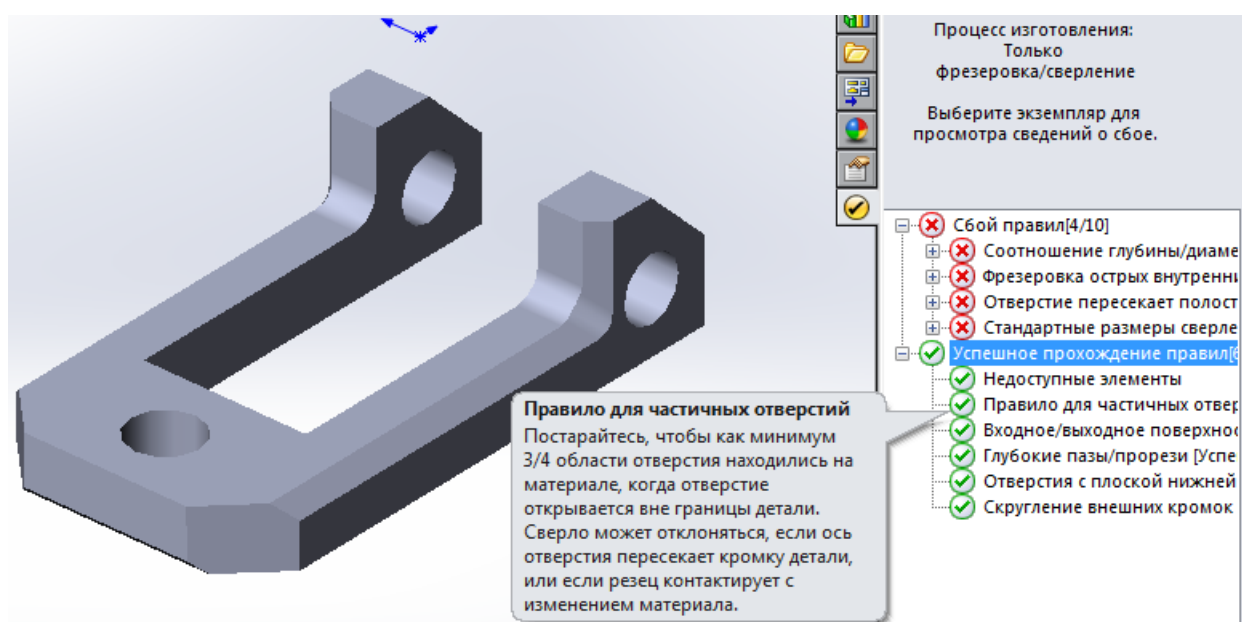


Рисунок 2.13 - Соответствие технологичности в плане расположения отверстий

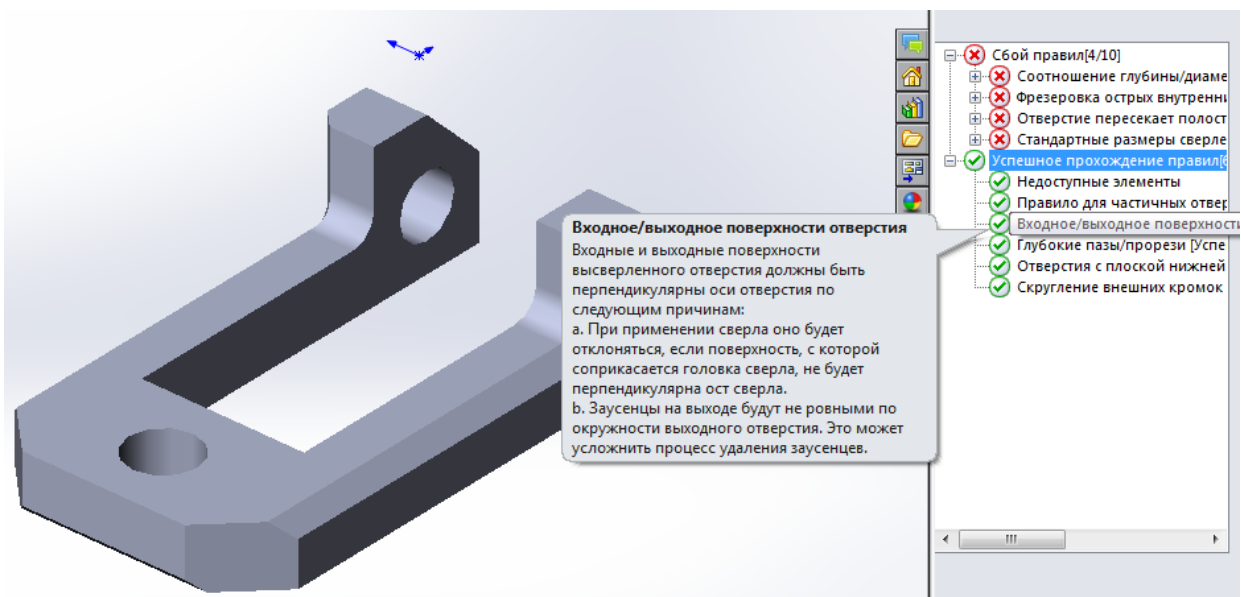


Рисунок 2.14 - Соответствие технологичности в плане соосности поверхностей отверстий

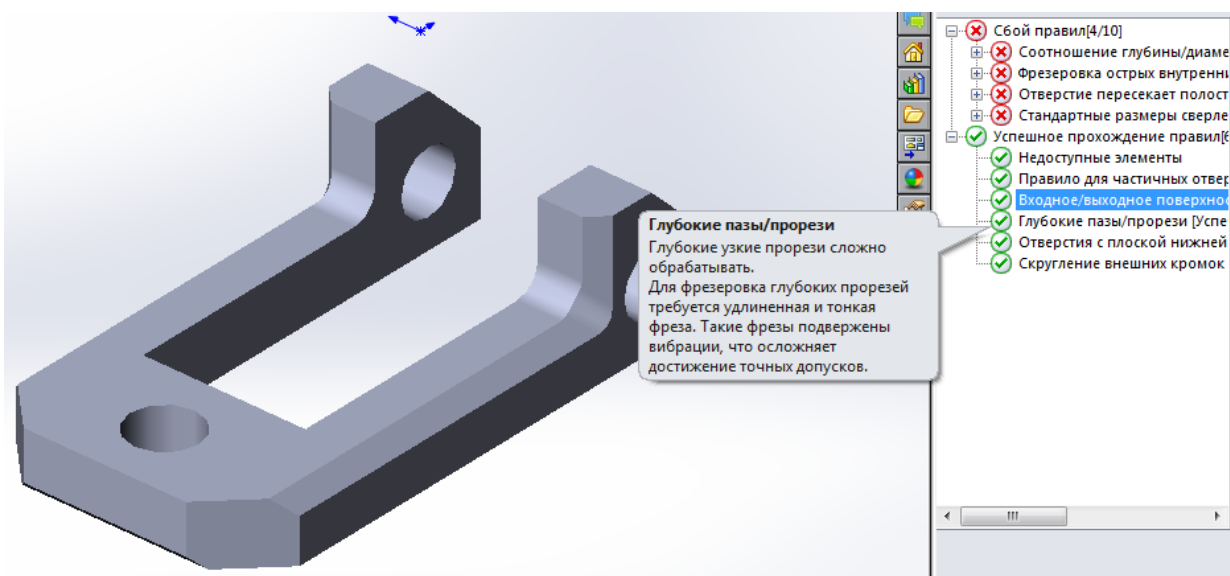


Рисунок 2.15 - Соответствие технологичности в плане отсутствия глубоких пазов

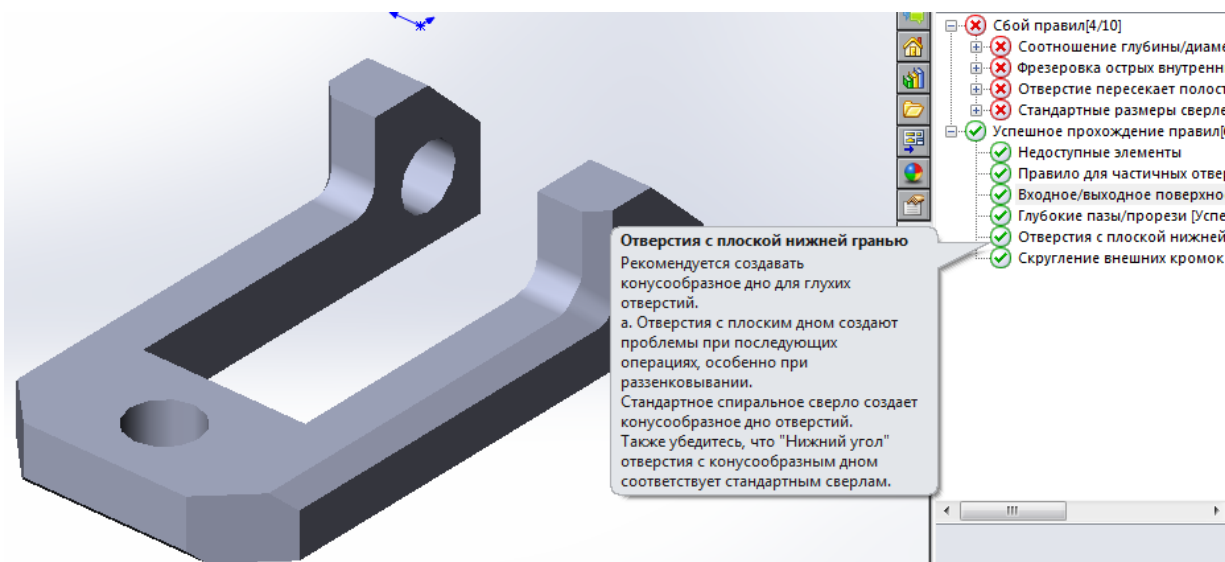


Рисунок 2.16 - Соответствие технологичности в плане доступности элементов детали для режущего инструмента

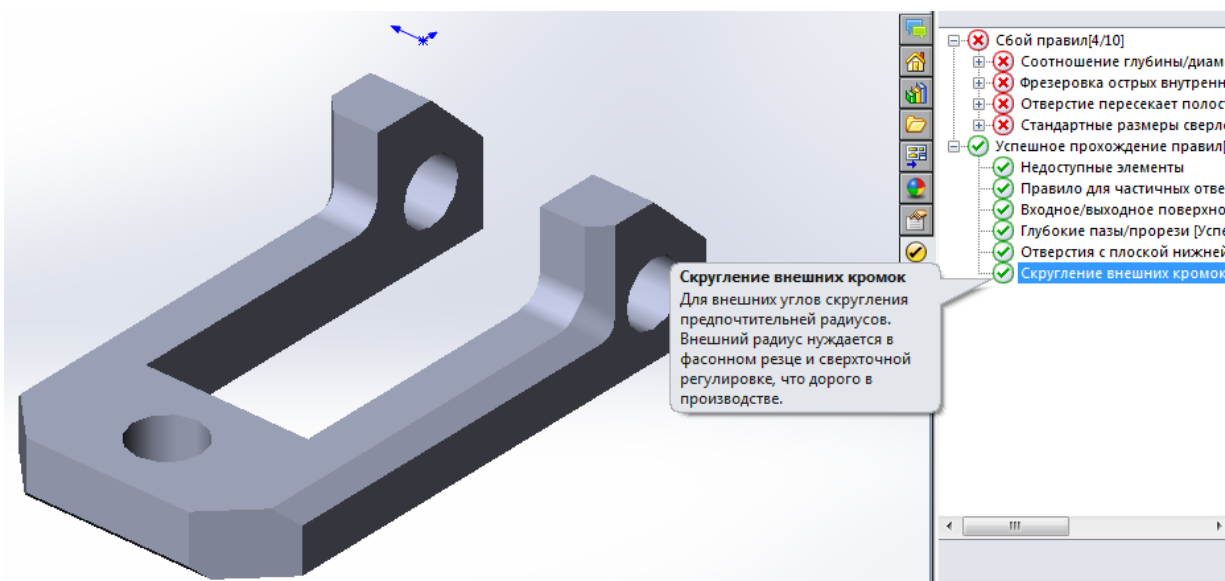


Рисунок 2.17 - Соответствие технологичности в плане отсутствия сложных элементов на поверхности детали

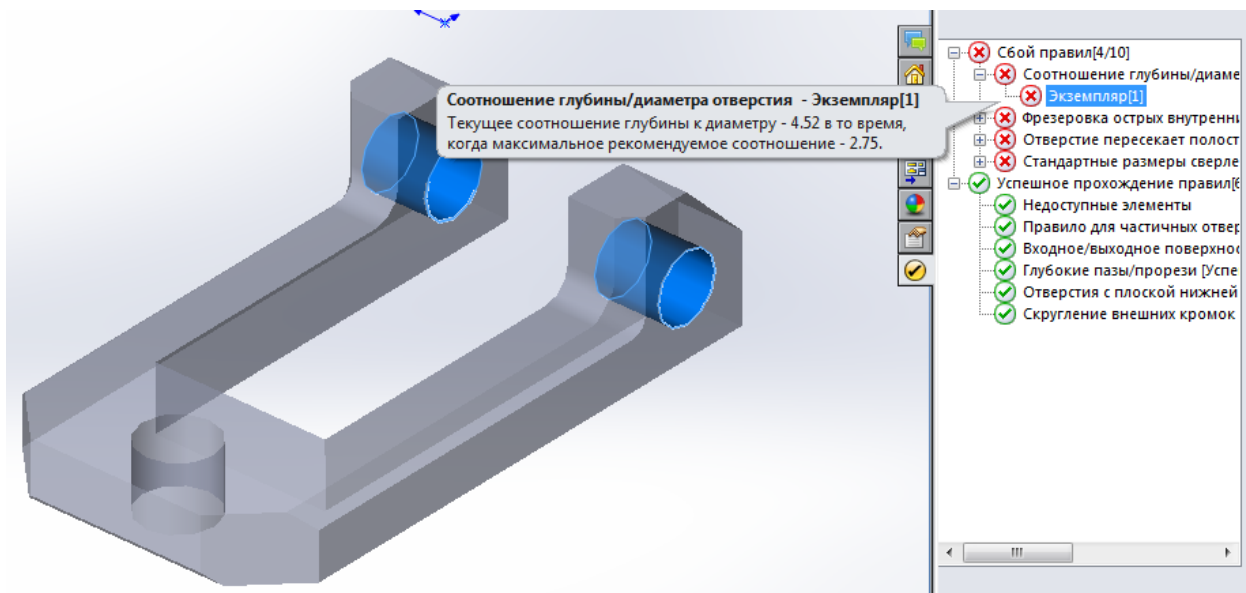


Рисунок 2.18 - Несоответствие технологичности в плане соотношения глубины к диаметру высверливаемых отверстий

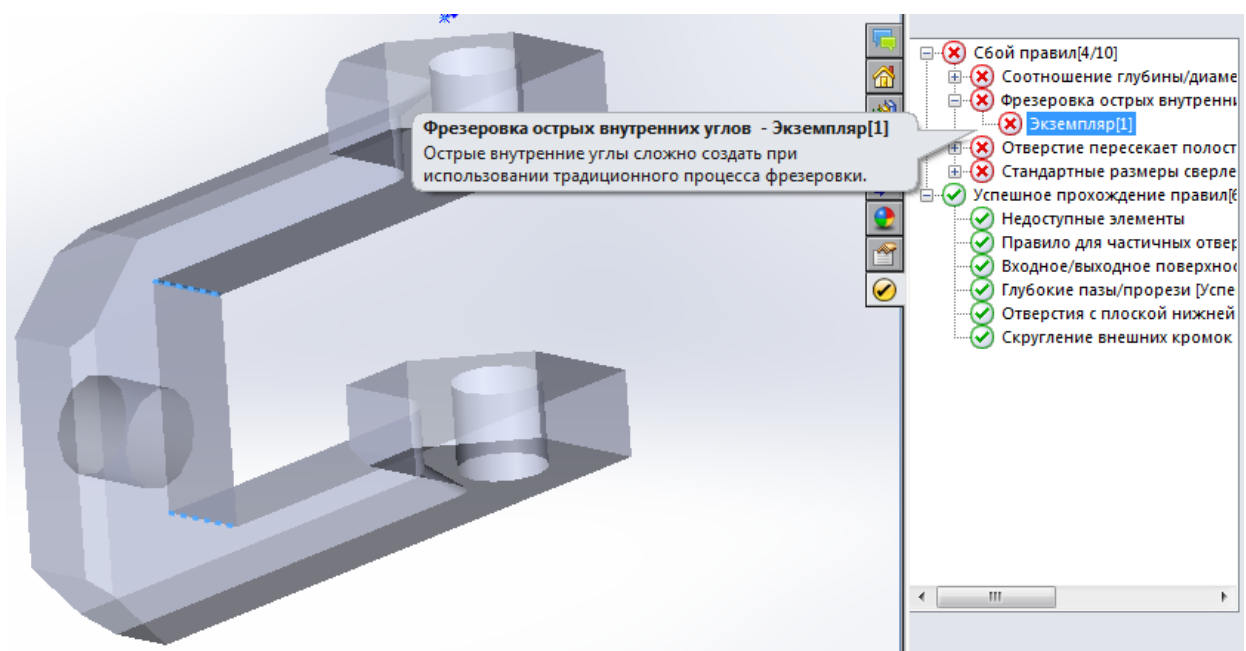


Рисунок 2.19 - Несоответствие технологичности в плане отсутствия внутренних острых углов в детали

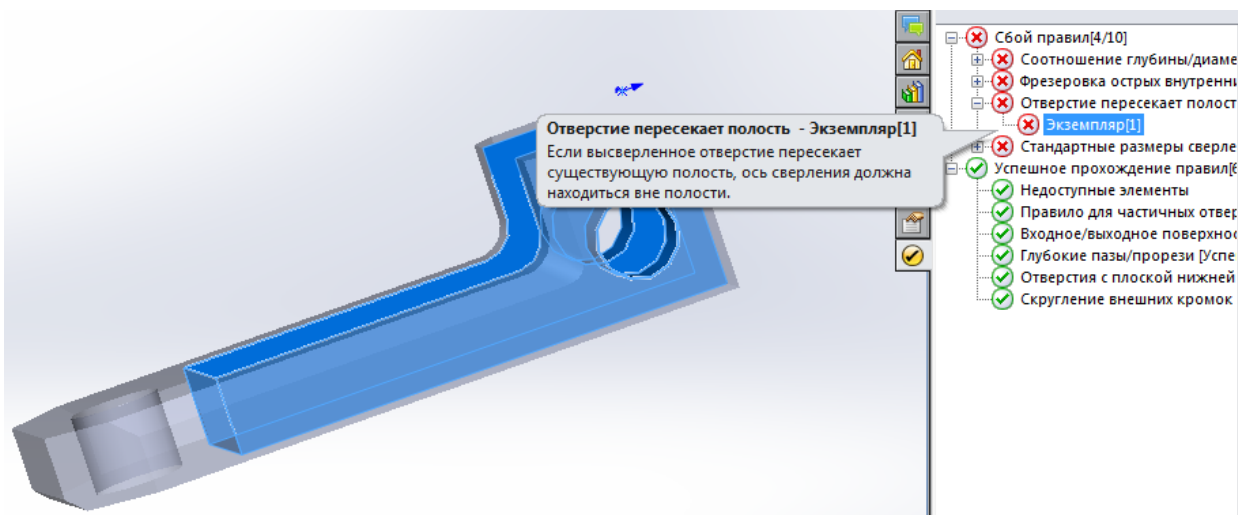


Рисунок 2.20 - Несоответствие технологичности в плане доступности элементов детали для режущего инструмента

На основании проведенного программного анализа технологичности делаем корректировки при разработке реального технологического процесса механической обработки. Технологический процесс разрабатываем в модуле «Power Mill» фирмы «Delcam».

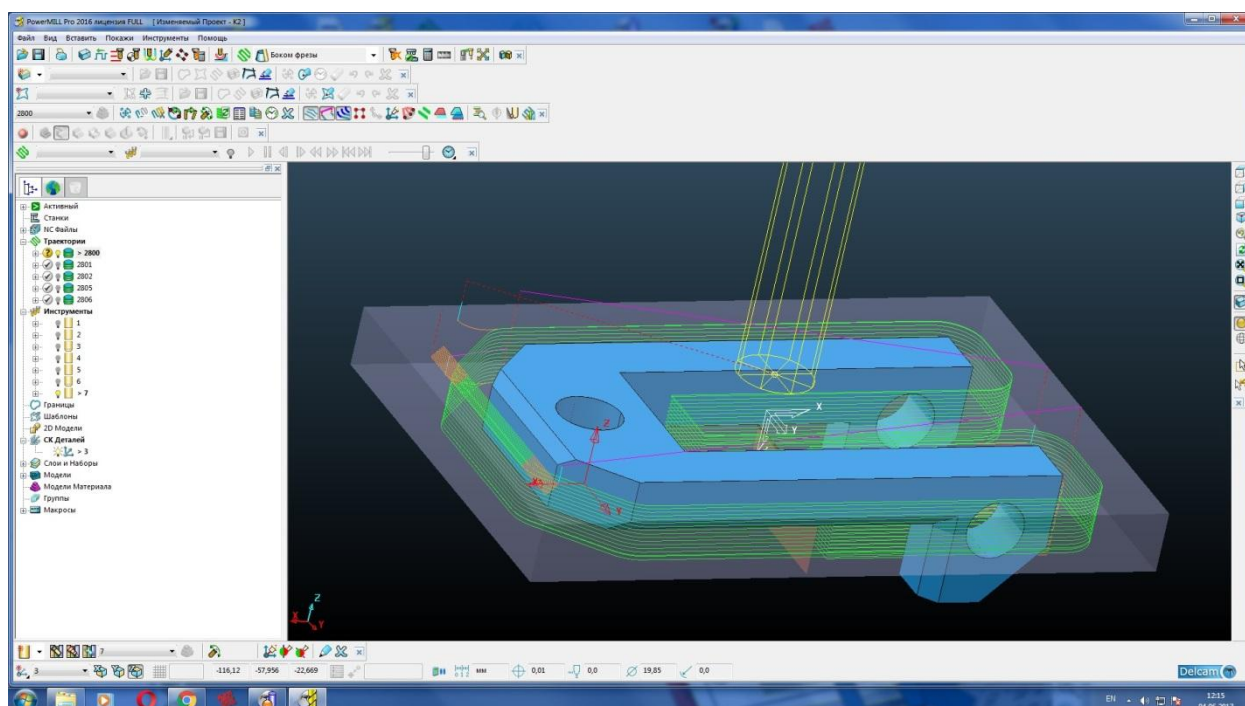


Рисунок 2.20 – Визуализация технологического процесса (обработка контура заготовки)

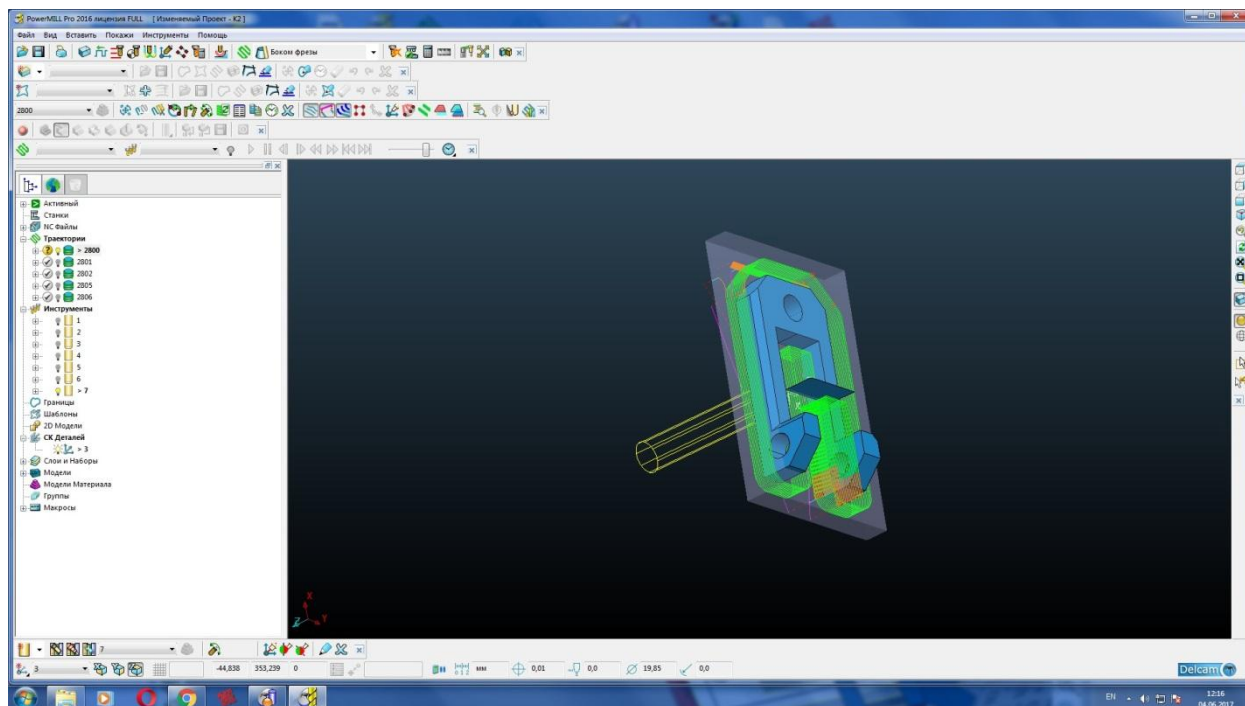


Рисунок 2.21 – Визуализация технологического процесса (обработка внутреннего контура заготовки)

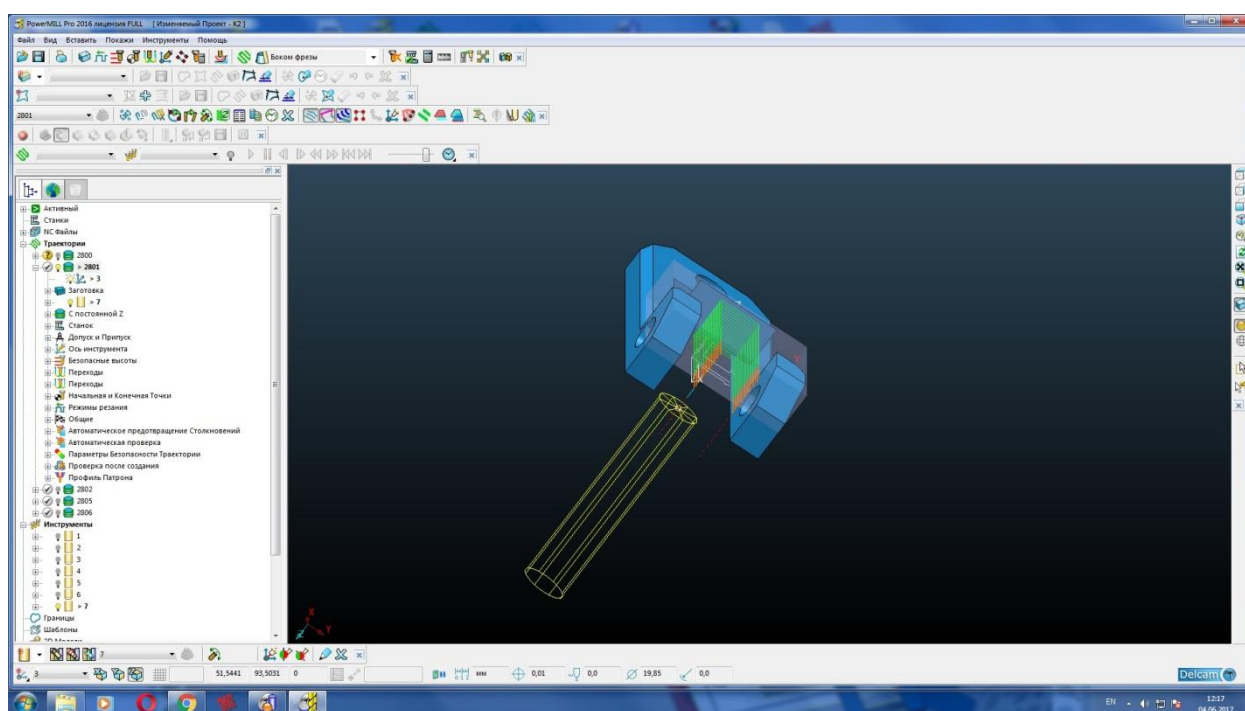


Рисунок 2.22 – Визуализация технологического процесса (чистовая обработка внутреннего паза заготовки)

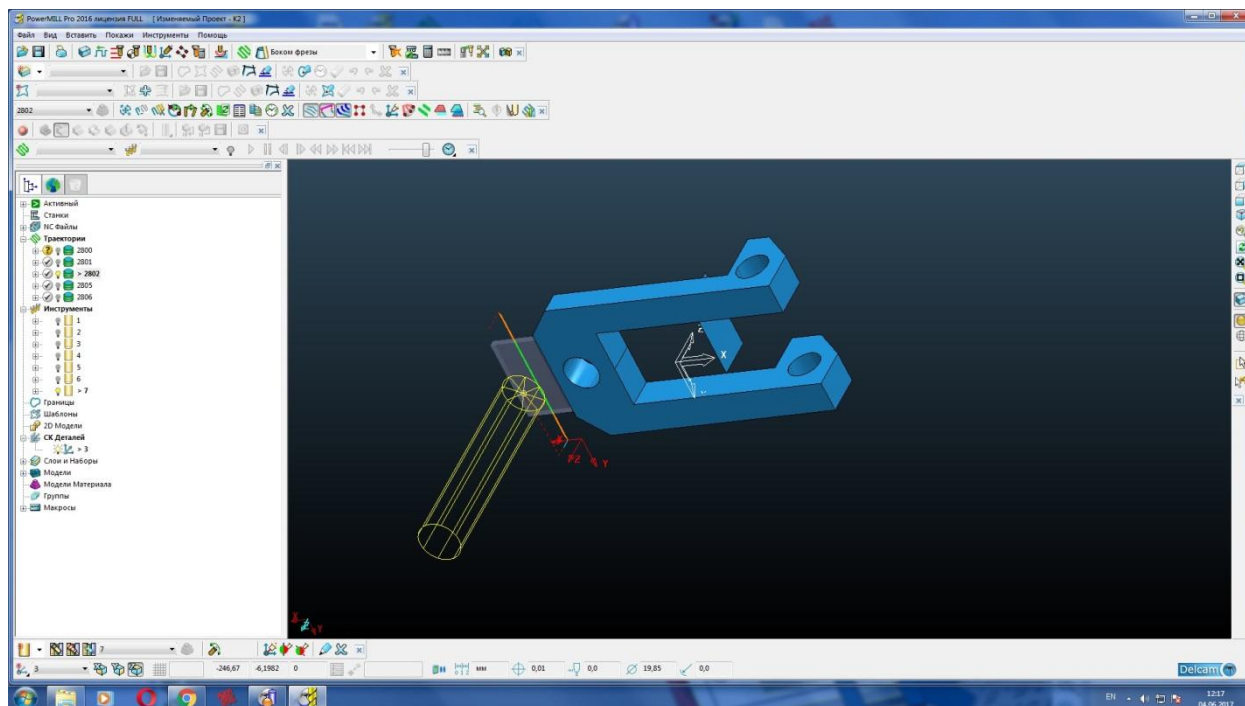


Рисунок 2.23- Визуализация технологического процесса (обработка нижней плоскости)

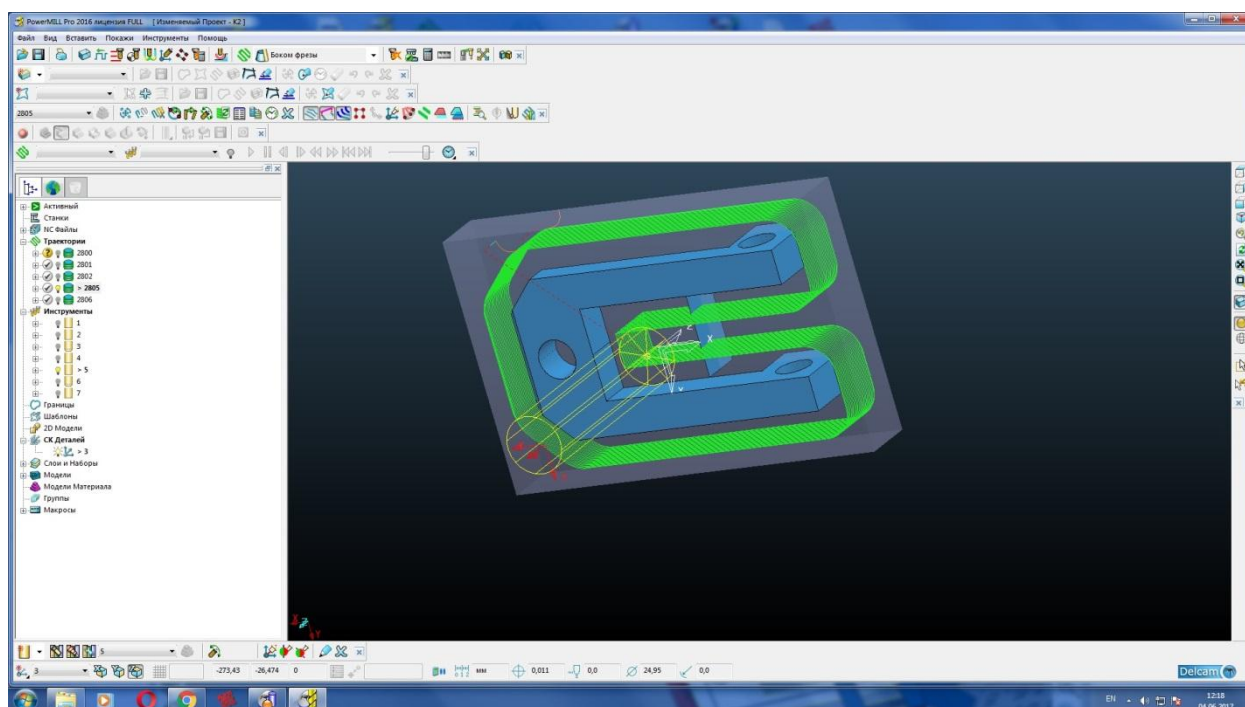


Рисунок 2.24 – Визуализация технологического процесса (чистовая контурная обработка)

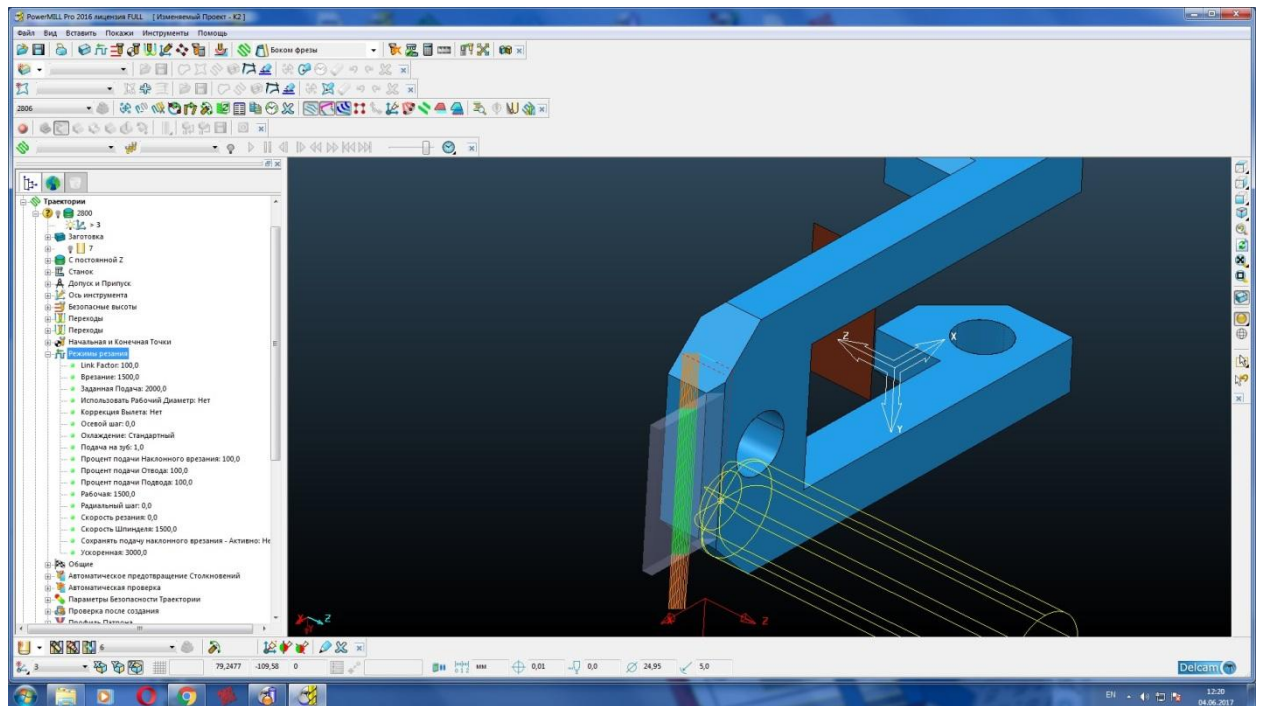


Рисунок 2.25 – Визуализация технологического процесса (параметры режимов резания чернового перехода)

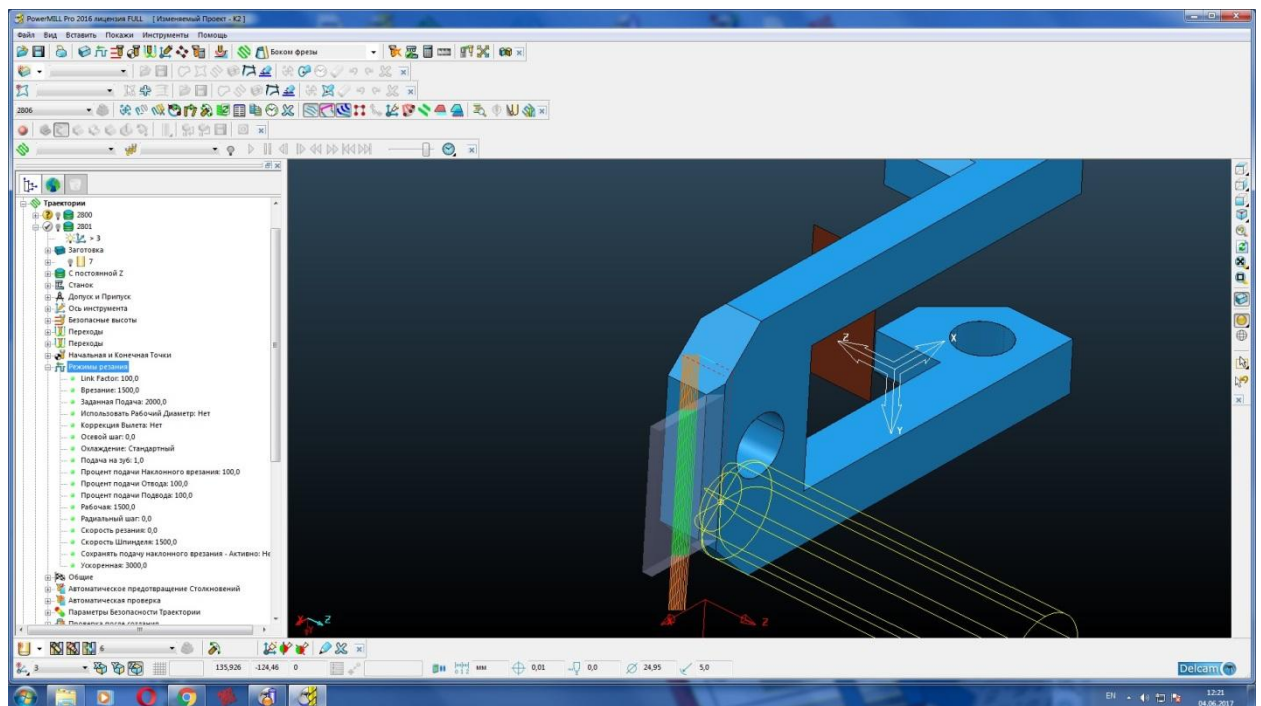


Рисунок 2.26- Визуализация технологического процесса (параметры режимов резания чистовых фрезерных переходов)

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Основным режущим инструментом, используемым для механической обработки основания является фреза.

Данный вид инструмента широко используется для черновой, получистовой, чистовой и доводочной обработки плоских и фасонных поверхностей и комбинаций поверхностей. Выбранная для проектирования фреза представляет собой монолитную конструкцию – то есть режущие кромки фрезы выполнены из того же материала, что и хвостовик, посредством которого производится крепление фрезы на шпинделе станка. На Рисунке 3.1 представлены основные виды монолитных фрез. Данные фрезы могут быть как со сферической, так и с плоской рабочими частями.



Рисунок 3.1 – Основные виды монолитных фрез

F Система обозначения фрез концевых

I
B
E
2
040 - 050 -

1
 Серия

2
 Форма
рабочей части

3
 Фреза
концевая

4
 Число
зубьев

5
 Диаметр
рабочей части

6
 Общая длина

1 Серия
I B E 2 040-050-RT-VNS

I : Универсальное применение
HP : Высокооборотная обработка материалов с высокой твердостью
C : Обработка меди
D : Фрезы концевые с алмазным покрытием

2 Форма рабочей части
I B E 2 040-050-RT-VNS


 Цилиндрическая
F


 Сферическая
B


 Цилиндрическая
с радиусными
вершинами
R

3 Фреза концевая
I B E 2 040-050-RT-VNS

4 Число зубьев
I B E 2 040-050-RT-VNS

2 зуба

2

3 зуба

3

4 зуба

4

6 зуба

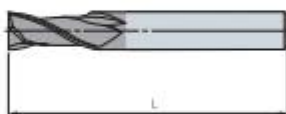
6

5 Диаметр рабочей части
I B E 2 040-050-RT-VNS



Обозначение	ØD
040	Ø4.0
060	Ø6.0
080	Ø8.0
100	Ø10.0

6 Общая длина
I B E 2 040-050-RT-VNS



Общая длина	
Обозначение	L, мм
050	50
080	80
100	100

* Приведенная система обозначения не распространяется на фрезы серий SSEA и ZSE

Рисунок 3.2 – Основные обозначения концевых фрез

На рисунке 3.2 представлено существующее обозначение концевых фрез, используемых для обработки плоских и фасонных поверхностей.

Выбираем согласно полученной информации тип фрезы 1, фрезу E2 концевую, с числом рабочих зубьев, равным двум.

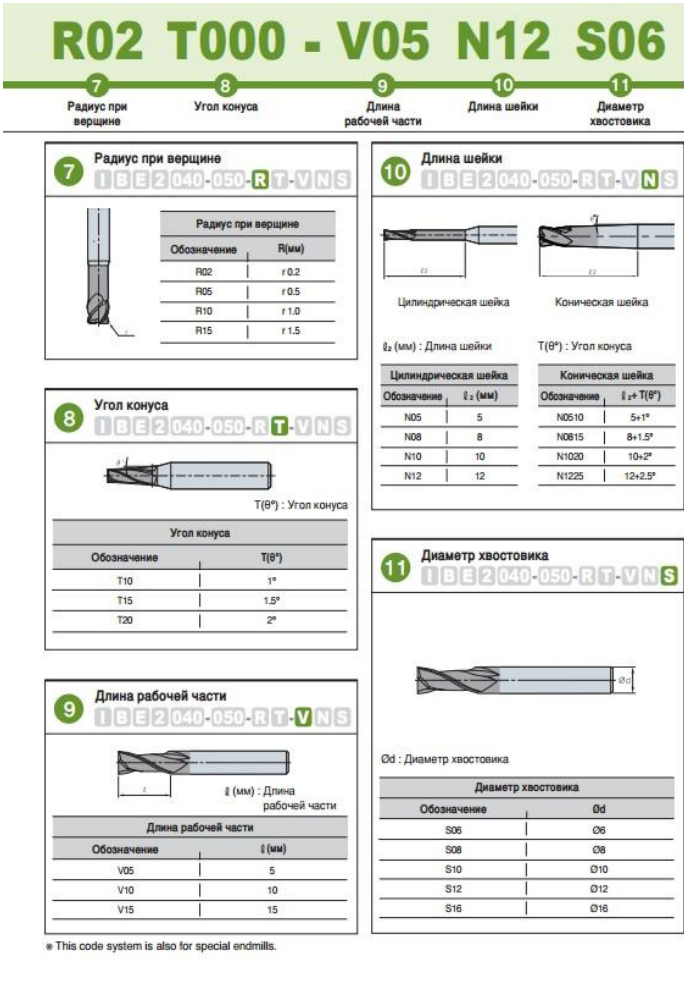


Рисунок 3.3 – Основные обозначения концевых фрез

На Рисунке 3.3 представлены основные параметры вспомогательных и оформляющих элементов фрезы. Выбираем фрезу с радиусом при вершине 0,2 мм. Длину рабочей части выбираем 15 мм. Спроектированная по полученным данным фреза представлена на листе графической части бакалаврской работы.

4 ЭКОЛОГИЧНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ТЕХНИКИ

Основные характеристики объекта

Механическая обработка основания выполняется с использованием универсального фрезерного обрабатывающего центра (вертикально – фрезерного станка). Также используются вспомогательные станки и машины, к которым относятся :

- мойки;
- токарные станки;
- универсальные фрезерные станки;
- вспомогательные станки для механической обработки;
- лазерная установка
- устройства для механической доработки
- установки и приспособления для контроля качества.

Таблица 4.1 – Технологический паспорт объекта

Операция, вид объекта	Наименование должности рабочего объекта	Механизмы, устройства и средства автоматизации, применяемые на объекте	Вспомогательные материалы и вещества объекта
1. Контроль исходной заготовки, мойка	Слесарь-сборщик	Моечная машина специальное приспособление	Ветошь, абразивные круги, набор ключей
2. Механическая обработка настанках с ЧПУ токарной, фрезерно – токарной и фрезерной групп	Оператор станков с числовым программным управлением	Установка для наплавки	Средства очистки рабочей зоны, ветошь, смазывающе – охлаждающие жидкости

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
3. Контроль качества	Дефектоскопист	Твердомер, параметрическая машина для замера параметров ротора компрессора	Ветошь

Идентификация рисков на производстве

Таблица 4.2 – Данные по основным профессиональным рискам

Операция технологического процесса, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы	Источники опасных и вредных производственных факторов
1. Мойка, установка в приспособления	Движущиеся части механизмов, машин, установочных элементов, оборудования. Острые кромки зажимных и базировочных приспособлений. Смыкающиеся и потенциально опасные для травмирования элементы	Машинка угловая шлифовальная, моечная установка ММА-1, приспособление зажимное специальное
2. Механическая обработка с использованием фрезерных, фрезерно – токарных, токарных и электроискровых станков	Повышение температуры рядом с зоной обработки, подвижные части и элементы фрезерного и токарного оборудования, вероятность схода сливной стружки при выполнении операций точения и фрезерования наружных и внутренних поверхностей ротора компрессора, возникновение испарения и растворение в воздухе продуктов эрозии при реализации технологического процесса электроэрозионной обработки с использованием проволочного координатно – вырезного станка	Токарный, фрезерно – токарный станок, электроискровое (электроэрозионное оборудование).
3. Проверка и контроль качества готового изделия	Острые кромки и заусенцы на контрольных и зажимных элементах приспособлений для замера твердости, на координатно – измерительной машине	Твердомер, параметрическая установка для контроля соответствия полученных поверхностей требованиям моделей и чертежей

Предлагаемые методы и решения для снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Факторы, являющиеся вредными и опасными на производстве	Мероприятия для защиты труда персонала и минимизации действия опасных и вредных производственных факторов	Предлагаемые технические решения, средства защиты
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости на элементах станков, инструмента и оснастки	Инструктаж персонала по технике безопасности	Специальная одежда, защитные перчатки
2. Движущиеся части машин и механизмов, производственного оборудования	Выполнение соответствующей привлекающей внимание окраски элементов, нанесение надписей с предупреждениями об опасности	-
3. Высокое значение температуры поверхностей у оборудования и материалов	Периодический инструктаж по технике безопасности	Средства защиты в виде перчаток, спецодежда
4. Скачки напряжения и повышенное напряжение в электрической сети, питающей станки и установки	Выполнение защитного заземления энергетических установок, периодический контроль состояния электрических цепей оборудования	-
5. Загазованность и запыленность рабочей зоны в связи с выбросами в воздух продуктов эрозии (при работе эрозионных станков)	Проектирование и установка местной вентиляции	Респираторы

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Таблица 4.4 – Предлагаемые средства для обеспечения пожарной безопасности

Средства первичные пожаротушения	Средства мобильные для тушения	Установки стационарные для тушения пожара	Пожарная автоматика	Применение пожарного оборудования	Средства для индивидуальной защиты	Инструмент для пожаротушения	Использование пожарной сигнализации
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили (вызываются)	-	-	Краны пожарные напорные пожарные рукава	Наличие плана эвакуации	Наличие лопаты, багра, топора	Телефон в помещении и начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок лазерной сварки	Выпрямитель сварочный ВД-252, полуавтомат ПДГ-525, машинка шлифовальная	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	пожары, которые протекают при воспламенении и горении веществ и материалов на электроустановках, имеющих электрическое напряжение (Е)	Наличие пламени и искр; теплового потока; повышенной температуры окружающей среды; повышенной концентрации токсичных продуктов горения горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Технологический процесс	Вид реализуемого организационного или технического мероприятия	Требования для обеспечения пожарной безопасности, достигаемый эффект
Ремонтная наплавка	Ознакомление рабочего персонала и служащих с правилами пожарной безопасности, использование средств наглядной агитации по пожарной безопасности, проведение с производственным персоналом учений по обеспечению пожарной безопасности	Необходимо в достаточном количестве наличие на участке первичных средств пожаротушения, применять защитные экраны для ограничения разлёта искр.

Обеспечение экологической безопасности технологического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Составляющие операции технологического процесса	Отрицательное влияние технического объекта на атмосферу	Отрицательное влияние технического объекта на гидросферу	Отрицательное влияние технического объекта на литосферу
Механическая обработка	Установка, базирование, обработка	Пары смазывающе – охлаждающей жидкости (на станках с открытой рабочей зоной)	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от порошка бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Ремонтная сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Необходимо произвести установку контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов. Предусмотреть отдельный контейнер для металлолома. Нанести на контейнеры соответствующие надписи. Проводить инструктаж среди производственного персонала по правильному складыванию в контейнеры мусора и отходов.

Заключение по разделу

При выполнении данного раздела выявлены опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие проектную технологию. Произведён анализ возможности устранения и уменьшения этих факторов, показавший, что при использовании стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства можно добиться безопасности работников при промышленном внедрении результатов работы. В разработке специальных и дополнительных средств защиты нет необходимости. При осуществлении проектной технологии требуется соблюдать технологический регламент и производственную санитарию.

5 ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Исходные данные для экономических расчётов

Работа является научно-исследовательской. Экономическое обоснование данной научно-исследовательской работы состоит из следующих этапов:

- 1) определить трудоемкость и длительность выполнения работ;
- 2) составить линейный план-график выполнения работ в течение всего исследования.
- 3) рассчитать текущие, капитальные и полные затраты, необходимые для проведения данной научно-исследовательской работы.

Работы, которые выполняются в ходе научного данного исследования, разбиваем на отдельные стадии и этапы и сводим в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 - Наименование стадий и содержание этапов НИР

Наименование этапа НИР	Содержание этапа НИР
1	2
1. Знакомство с существующими в настоящее время рекомендациями и технологическими приёмами по назначению параметров и принципов работы САМ-систем	1.1 Анализ литературы по теме исследования 1.2 Изучение характеристик основных видов САМ-пакетов 1.3 Инженерные расчёты по определению параметров режимов резания 1.4 Изучение влияния применения САМ-систем на точность механической обработки

Продолжение таблицы 5.1

1	2
2. Экспериментальная изучение влияния краевых условий на формирование сложноконтурных поверхностей при фрезеровании	2.1 Математическое моделирование 2.2 Вычислительные эксперименты. 2.3 Обработка результатов вычислительного эксперимента
3. Изучение влияния различных стратегий механической обработки на размерные параметры поверхностей	3.1 Математическое моделирование 3.2 Обоснование требований к погрешностям. 3.3 Вычислительный эксперимент 3.4 Обработка результатов вычислительного эксперимента
4. Оформление результатов и формулирование выводов по научно - исследовательской работе	4.1 Оформить отчет, отражающий этапы проведённых работы 4.2 Сформулировать выводы по результатам проведенных работ 4.3 Разработать рекомендации по использованию результатов работы в производстве и сформулировать направления проведения дальнейших исследований. 4.4 Составить фактический график выполнения работ и провести анализ причин отклонения от принятого плана. 4.5 Рассчитать фактически произведённые материальные затраты

5.2 Трудоемкость и длительность выполнения этапов работ

Назначаем длительность выполнения этапов научно-исследовательской работы: оптимистическая (наименьшая) трудоемкость $T_{\min}$ и пессимистическая (наибольшая) трудоемкость $T_{\max}$.

Таблица 5.2 – Величина трудоёмкости проведения этапов научно-исследовательской работы

Труд-ть, чел/дни	№ этапа научно-исследовательской работы															
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
Т _{мин}	2	1	2	3	4	7	2	12	4	2	1	3	10	2	1	4
Т _{макс}	4	3	3	6	5	9	5	17	7	5	5	6	13	4	3	5

1) Расчёт ожидаемой трудоёмкости выполнения каждого этапа работы (в человеко/днях) производим с применением формулы:

$$T_{\text{ож}} = \frac{3T_{\text{min}} + 2T_{\text{max}}}{5} \text{ (чел/дн.)}, \quad (5.1)$$

где Т_{мин} – величина оптимистической (наименьшей) трудоёмкости;

Т_{макс} – величина пессимистической (наибольшей) трудоёмкости.

Результаты расчета величины ожидаемой трудоёмкости представим таблично (табл. 4.3).

Таблица 5.3 – Величина ожидаемой трудоёмкости этапов научно-исследовательской работы

Тожд., чел/дн.	№ этапа научно-исследовательской работы															
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
	3	2	2,5	4	4,5	8	3	14	5	3	2,5	4	11	3	2	4,5

2) Расчёт длительности каждого этапа научно-исследовательских работ (в человеко/ днях) произведём с применением формулы:

$$T_{\text{эт}} = \frac{T_{\text{ож}}}{\text{Ч}} 100\% \text{ (чел/дн.)}, \quad (5.2)$$

где Ч – количество исполнителей (человек) на данном этапе научно-исследовательской работы.

После вычисления длительности всех этапов проведения научно-исследовательской работы, назначим количество участников (человек) на каждом её этапе.

Результаты расчета величины Т_{эт} для каждого этапа научно-исследовательской работы сводим в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Расчётная численность участников на этапах научно-исследовательской работы

№ этапа НИР	Число исполнителей			
	Инженер	Рабочий	Техник	Всего
1.1.	1	—	1	2
1.2.	1	—	1	2
1.3.	1	—	1	2
1.4.	1	—	1	2
2.1.	—	—	1	1
2.2.	1	—	—	1
2.3.	—	—	1	1
3.1.	1	1	1	3
3.2.	1	1	1	3
3.3.	1	—	1	2
3.4.	1	—	1	2
4.1.	1	—	1	2
4.2.	1	—	1	2
4.3.	1	—	1	2
4.4.	1	—	1	2
4.5.	1	—	1	2

Производим расчёт суммарной длительности научно-исследовательской работы: $T_{\text{нир}} = \sum T_{\text{эт}}$, $T_{\text{нир}} = 44$ дня.

3) Расчёт удельного значения каждого этапа производим по формуле:

$$U_{\text{д.эт.}} = \frac{T_{\text{эт.}}}{T_{\text{нир}}} \cdot 100\% \text{ (чел/дн.)}, \quad (5.3)$$

Таблица 5.5 – Количество участников проекта по этапам НИР

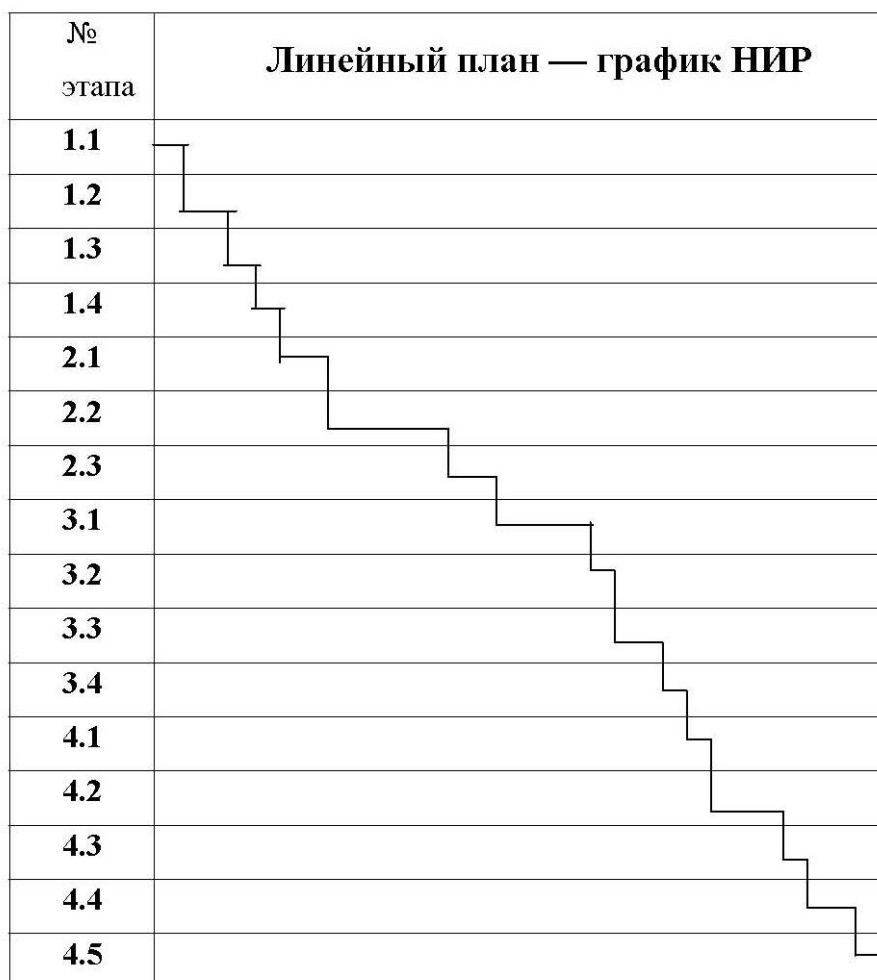
Т _{эт} , чел/дн.	№ этапа научно-исследовательской работы															
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
	1,5	1	1,5	2	4,5	8	3	5	2	1,5	1,5	2	5,5	1,5	1	2,5

Результаты расчета величины У_{д.эт} сводим в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Значение удельной трудоёмкости по этапам

Уд. этапа, %	№ этапа научно-исследовательской работы									
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
	3,03	4,54	3,03	1,52	6,06	21,19	15,15	4,55	4,55	7,58
Уд. этапа, %	№ этапа научно-исследовательской работы									
	3.4		4.1	4.2	4.3	4.4	4.5			
	4,55		4,55	12,12	1,52	3,03	3,03			

4) Производим построение линейного плана — графика выполнения научно-исследовательской работы. Построение графика осуществляем путем последовательного откладывания отрезков, длина которых пропорциональна длительности каждого этапа (рис. 4.1).



$T_{\text{нир}} = 44$ дня.

Рисунок 5.1 – Линейный план-график выполнения научно-исследовательской работы

Текущие, капитальные и общие затраты на проведение НИР

Затраты на проведение исследований рассматриваем как полную себестоимость выполнения работы.

Расчёт текущих затрат производим как:

$$K_{тек} = \Phi ЗП + Ос.с. + ЗМ + З_{тех.эн.} + \\ + Аоб. + З_{плоч.} + З_{инстр.} + Нр + РП пр \quad (5.4)$$

где $\Phi ЗП$ – величина фонда оплаты труда;

$Ос.с.$ – величина отчислений на социальное страхование;

$ЗМ$ – объём средств, затрачиваемых на материалы;

$З_{тех.эн.}$ – стоимость электрической энергии;

$Аоб$ – объём затрат на амортизацию оборудования;

$З_{плоч.}$ – затраты на производственные площади;

$З_{инстр.}$ – объём средств, затраченных на приобретение инструмента, необходимого для проведения научно-исследовательской работы.

$Нр$ – величина общих накладных расходов;

$РП пр$ – величина расходов прочих прямых, которые связаны со спецификой научно-исследовательской работы.

1) Рассчитываем заработную плату персонала на проведение исследований с учётом отчислений на социальное страхование

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп} \quad (5.5)$$

Расчёт затрат на основную заработную плату производим по формуле:

$$ЗПЛ_{осн} = \sum Тр_{аб} \cdot Сд \cdot К пр \cdot И \quad (5.6)$$

где $Тр_{аб}$ - время работы каждого участника исследования на всех его этапах;

$Сд$ - дневная ставка каждого участника научно-исследовательской работы;

К пр – значение коэффициента, учитывающего премиальные доплаты (= 1,4);

И – число участников на каждом этапе научно-исследовательской работы.

Таблица 5.7 – Фонд заработной платы

№ п/п	Должность	Месячный оклад	Дневная ставка
1	Инженер	8380 рублей	349,2 рублей
2	Техник	5250 рублей	218,8 рублей
3	Рабочий	4720 рублей	196,7 рублей

$ЗПЛ_{осн} = (44 \cdot 349,2 \cdot 1,4 \cdot 1) + (44 \cdot 218,8 \cdot 1,4 \cdot 1) + (7 \cdot 196,7 \cdot 1,4 \cdot 1) = 36916,46 \text{ рублей.}$

Расчёт дополнительной заработной платы производим по формуле:

$$ЗПЛ_{доп} = 10\% \text{ от } ЗПЛ_{осн} \quad (5.7)$$

$ЗПЛ_{доп} = 36916,46 \cdot 0,1 = 3691,65 \text{ рублей.}$

Размер фонда оплаты труда на проведение НИР составляет:

$ФЗП = 36916,46 + 3691,65 = 40608,11 \text{ рублей.}$

Расчёт отчислений на социальное страхование производим как:

$$Ос.с. = 40\% \text{ от } ФЗП \quad (5.8)$$

$Ос.с. = 0,4 \cdot 40608,11 = 16243,24 \text{ рублей.}$

2) Расчёт затрат на материалы для проведения научно-исследовательских работ.

Затраты на материалы включают в себя затраты средств на приобретение канцелярских товаров, расходуемых в процессе эксперимента и на изготовление опытных образцов для проведения натурных экспериментов

$$ЗМ = ЗМ_{расх.} + ЗМ_{образц.} + ЗМ_{вспом.} \quad (5.9)$$

где ЗМ расх.– объём затрат на приобретение расходных материалов, используемых в экспериментах;

ЗМ образц. – объём затрат на материал для изготовления образцов, используемых в экспериментах;

ЗМ вспом. – объём затрат на приобретение вспомогательных материалов: электродов для контактной машины и технологическую воду для охлаждения.

Составляем таблицу расходных материалов, которые используются в процессе проведения исследований.

Расчёт затрат на образцы и электроды производим по формуле:

$$\text{ЗМ образц.} = \text{Нр} \cdot \text{Цм} \cdot \text{U} \quad (5.10)$$

где Нр – расход металла на изготовление одного образца;

Цм – цена 1 кг металла изготовления образцов;

U - количество образцов, используемых при проведении эксперимента.

U = 26 штук.

Таблица 5.8 – Расчёт стоимости материалов

№ п/п	Расходный материал	Единица измерения	Количество	Стоимость
1.	Офисная бумага	пачка	1/2	70
2.	Заправка чернил принтера	штук	1	120
3.	Ручка шариковая	штук	2	17
4.	Карандаш простой	штук	2	12
5.	Ластик	штук	1	4
6.	Линейка пластмассовая	штук	1	3
7.	Степлер малый	штук	1	20
ИТОГО				246

Таблица 5.9 – Расчёт затрат на образцы

Расход металла на один образец	Цена металла
0,02 кг	19,7 руб./кг

ЗМ образц. = $0,02 \cdot 19,7 \cdot 26 = 10,24$ рублей.

Примем объём затрат на приобретение вспомогательных материалов (электродов для контактной сварки технологическую и воду) 10% от объёма затрат на образцы.

$$\text{ЗМ вспом.} = 10\% \text{ ЗМ образц.} \quad (5.11)$$

ЗМ вспом. = $10,24 \cdot 0,1 = 1,02$ рублей.

ЗМ = $246 + 10,24 + 1,02 = 257,26$ рублей.

3) Расчёт затрат на амортизацию оборудования (Аоб) производим следующим образом.

- расчёт амортизации компьютерной техники производим по формуле:

$$A_{об}^1 = \Sigma \Pi_{об} \cdot \frac{N_a \cdot T_{раб.}}{\Phi_{об} \cdot 100} \quad (5.12)$$

где N_a – норма амортизации для персональных компьютеров, $N_a = 54\%$;

$\Sigma \Pi_{об}$ – цена оборудования, применяемого для выполнения НИР;

$\Phi_{об}$ – фонд работы оборудования;

$T_{раб.}$ – время работы оборудования, принимается приблизительно 70 часов.

- расчёт амортизации сварочного оборудования производим по формуле:

$$A_{об}^2 = \Sigma \Pi_{об} \cdot \frac{N_a \cdot T_{исп.}}{\Phi_{об} \cdot 100} \quad (4.13)$$

где N_a – норма амортизации сварочного оборудования, $N_a = 18\%$;

$\Sigma \Pi_{об}$ – цена оборудования, применяемого для проведения НИР;

Фоб – фонд работы оборудования;

Тисп. время работы оборудования, принимается приблизительно 12 часов.

Таблица 5.10 – Стоимость оборудования, применяемого для выполнения научно-исследовательской работы

№ п/п	Оборудование	Количество	Стоимость
1	Монитор	1	12000
2	Системный блок	1	15000
3	Принтер	1	10092
4	Сканер	1	3172
5	Компьютерная мышь	1	200
6	Компьютерная клавиатура	1	300
7	Универсальная контактная сварочная машина МТПУ-300	1	277000

Расчёт фонда времени работы оборудования (Фоб) производим следующим образом:

$$\Phi_{об} = (D_K - D_{вых.} - D_{пр}) \cdot T_{см} \cdot S \cdot (1 - k_{р.п.}) \quad (5.14)$$

где D_K – число календарных дней (365);

$D_{вых.}$ – число выходных дней (106);

$D_{пр.}$ – число праздничных дней (8);

$T_{см.}$ – продолжительность смены (8час);

S – количество смен – 1;

$k_{р.п.}$ – значение коэффициента, учитывающего потери времени на техническое обслуживание и переналадку оборудования ($k_{р.п.}=0,09$).

$$\Phi_P = (365 - 106 - 8) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,09) = 1827 \text{ часов}$$

$$A_{об}^1 = \frac{(12000 + 15000 + 10092 + 3172 + 200 + 300) \cdot 54 \cdot 70}{100 \cdot 1827} = 843,4 \text{ руб.}$$

$$A_{об}^2 = \frac{(250000 + 27000 \cdot 2) \cdot 18 \cdot 12}{100 \cdot 1827} = 359,41 \text{ руб.}$$

$$A_{об} = A_{об}^1 + A_{об}^2 = 843,4 + 359,41 = 1202,81 \text{ руб.}$$

4) Расчёт затрат на электрическую энергию.

Расчёт производим исходя из мощности оборудования и времени его работы.

При компьютера:

$$З_{тех.эн.} = \frac{M_{об} \cdot T_{раб.} \cdot Ц_{эл.эн.}}{КПД} \quad (5.15)$$

где $M_{об}$ – мощность оборудования;

$Ц_{эл-эн}$ – стоимость 1 кВт · часа электроэнергии;

КПД – коэффициент полезного действия оборудования;

$T_{раб}$ – время работы оборудования, (час).

Составляем сводную таблицу, содержащую необходимые для данной формулы параметры работы оборудования:

Таблица 5.11 – Расчёт затрат на электрическую энергию

№ п/п	Наименование оборудования	Мощность оборудова ния, кВт	Коэффициент полезного действия	Время работы, час.
1	Монитор	0,1	0,8	70
5	Системный блок	0,3	0,8	70
2	Принтер	0,15	0,8	70
3	Сканер	0,1	0,85	70
4	Универсальная контактная сварочная машина МТПУ-300	20	0,85	12

$$З_{тех.эн.} = P_{тех.эн.}^{монитор.} + P_{тех.эн.}^{сист.блок} + P_{тех.эн.}^{принт.} + P_{тех.эн.}^{скан.} \quad (5.16)$$

$$P_{тех.эн.}^{монитор.} = \frac{0,1 \cdot 70 \cdot 1,1}{0,8} = 9,63 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{тех.эн.}}^{\text{сист.блок.}} = \frac{0,3 \cdot 70 \cdot 1,1}{0,8} = 15,27 \text{руб.}$$

$$P_{\text{тех.эн.}}^{\text{принт.}} = \frac{0,15 \cdot 70 \cdot 1,1}{0,8} = 14,44 \text{руб.}$$

$$P_{\text{тех.эн.}}^{\text{скан.}} = \frac{0,1 \cdot 70 \cdot 1,1}{0,85} = 9,06 \text{руб.}$$

$$Z_{\text{тех.эн.}} = 9,63 + 15,27 + 14,44 + 9,06 = 48,4 \text{руб.}$$

В процессе проведения эксперимента:

$$Z_{\text{тех.эн.}} = \frac{M_{\text{маш.}} \cdot T_{\text{исп.}} \cdot C_{\text{эл.эн.}}}{\text{КПД}} \quad (5.17)$$

где $M_{\text{маш.}}$ – мощность применяемой сварочной машины по справочнику = 20 КВА;

$C_{\text{эл-эн}}$ – стоимость 1 кВт · часа электроэнергии;

КПД – коэффициент полезного действия сварочной машины.

$$Z_{\text{тех.эн.}} = \frac{20 \cdot 12 \cdot 1,1}{0,85} = 310,59 \text{руб.}$$

Расчёт полных затрат на электрическую энергию:

$$Z_{\text{тех.эн.}} = 48,4 + 310,59 = 358,99 \text{руб.}$$

5) Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию производственных площадей производим по формуле:

$$Z_{\text{пл.}} = \frac{\sum C_{\text{пл.}} \cdot \sum S_{\text{пл.}} \cdot N_{\text{пл.}} \cdot \sum t_{\text{шт}}}{100 \cdot \Phi_p} \quad (5.18)$$

где $C_{\text{пл.}}$ - цена 1 м² производственной площади, руб;

$N_{\text{а пл.}}$ - норма амортизационных отчислений на здания, %;

$\sum S_{\text{пл.}}$ – суммарная площадь, занимаемая оборудованием, необходимым для проведения работ, м²;

$\sum t_{\text{шт}}$ – суммарное время выполнения работ на производственных площадях, (час).

$$Z_{\text{пл.}} = \frac{3000 \cdot (7,5 + 10) \cdot 2 \cdot (70 + 12)}{100 \cdot 1827} = 47,13 \text{руб.}$$

6) Расчёт затрат на инструмент приобретаемый для проведения исследований.

Перечень инструмента, который приобретается для проведения экспериментов, представлен в табл. 5.14

Таблица 5.12 – Затраты на инструменты

№ п/п	Наименование инструмента	Количество , шт	Стоимость, руб.
1	Ножницы	1	700
2	Маркер	1	15
3	Линейка металлическая	1	35
4	Молоток	1	70
5	Дрель	1	600
	Итого:		1420

$$З_{\text{инстр.}} = \frac{\Sigma Ц_{\text{инстр.}} \cdot N_{\text{а инстр.}} \cdot t_{\text{шт}}}{T_{\text{инстр.}} \cdot 100 \cdot \Phi_p} \quad (5.19)$$

где $\Sigma Ц_{\text{инстр.}}$ - суммарная цена инструмента, руб.;

$N_{\text{а инстр.}}$ - норма амортизационных отчислений на инструмент.

$T_{\text{инстр.}}$ - срок службы инструмента, лет.

$t_{\text{шт}}$ – время использования рабочего инструмента = 5 час.

$$З_{\text{инстр.}} = \frac{14200 \cdot 12 \cdot 5}{2 \cdot 100 \cdot 1827} = 0,23 \text{ руб.}$$

7) Расчёт общих накладных расходов: $H_p = 55\% \text{ ФЗП}$

$$H_p = 0,55 \cdot 40608,11 = 22334,46 \text{ руб.}$$

8) Расчёт прочих прямых расходов: $РП_{\text{пр}} = 5\% \text{ ФЗП}$

$$РП_{\text{пр}} = 0,05 \cdot 40608,11 = 2030,41 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{тек}} = \Phi ЗП + Ос.с. + ЗМ + Аоб. + \\ + З_{\text{тех.эн.}} + З_{\text{площ.}} + З_{\text{инстр.}} + H_p + РП_{\text{пр}} \quad (5.20)$$

$K_{\text{тек}} = 36916,46 + 3691,65 + 16243,24 + 1202,81 + 358,99 + 257,26 + 47,13 + 0,23 + 22334,46 + 2030,41 = 83082,64 \text{ руб.}$

9) Калькуляция себестоимости проведения НИР

Таблица 5.13 – Себестоимость проведения НИР

№	СТАТЬИ ЗАТРАТ	Условные обозначения	Величина затрат (руб.)
1	Основная заработная плата персонала	Зосн	36916,46
2	Дополнительная заработная плата персонала	Здоп	3691,65
3	Отчисления на социальные нужды	Осс	16243,24
4	Амортизация оборудования	Аоб	1202,81
5	Затраты на технологическую энергию	З тех. эн.	358,99
6	Затраты на материалы	ЗМ	257,26
7	Затраты на производственные Площади	Зплощ.	47,13
8	Затраты на инструмент	Зинстр.	0,23
9	Общие накладные расходы	Нр	22334,46
10	Прочие прямые расходы	РП пр	2030,41
	Себестоимость проведения НИР (текущие расходы)	$C_{\text{НИР}} = K_{\text{ТЕК}}$	83082,64

5.4 Капитальные затраты

Расчёт капитальных затрат производим следующим образом:

$$K_{\text{кап.}} = \sum Ц \text{ пр. об.} + Ц \text{ изг. об.} + P_{\text{т}} + P_{\text{м}} \quad (5.21)$$

где $Ц \text{ пр. об.}$ – цена приобретаемого оборудования;

$Ц \text{ изг. об.}$ – цена изготавливаемого оборудования;

P_t, P_m – затраты на проведение транспортировки и монтажа оборудования.

Капитальные вложения в оборудование, которое необходимо для осуществления НИР, заключаются в затратах на измеритель сварочных процессов МИКС-2М.

$$K_{\text{кап.}} = 27000 \cdot 2 = 54000 \text{ руб.}$$

4.5 Общие затраты на проведение работ

$$K_{\text{общ.}} = K_{\text{тек.}} + K_{\text{кап.}} \quad (4.22)$$

$$K_{\text{общ.}} = 83082,64 + 54000 = 137082,64 \text{ руб.}$$

Вывод.

Затраты на проведение научно-исследовательских работ составят 137082,64 рублей. Для их компенсации необходимо заключение договора на проведение научно-исследовательских работ с предприятием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была поставлена цель обеспечения выпуска корпусной детали – основания в условиях единичного производства.

Изначально предполагалось и полагалось, что технологический процесс изготовления детали будет реализован с использованием современных станков с числовым программным управлением – а именно с использованием вертикально – фрезерного обрабатывающего центра. Учитывая специфику работы такого оборудования, явилось актуальным и необходимым выполнить обзор существующих САМ-пакетов и инженерных решений, направленных на автоматизацию подготовки управляющих программ и на согласование твердотельных моделей заготовок с типовыми системами управления станков и современными станочными управляющими стойками.

Предложена технология и стратегия механической обработки основания, на базе использования современных компьютерных средств.

Определены основные параметры и характеристики технологического процесса механической обработки.

Выполнен выбор и частичное проектирование параметров концевой фрезы, предназначенной для обработки плоских поверхностей основания.

Экономические расчёты позволили установить объём средств, затраченных на проведение полноценной исследовательской работы, который составил порядка 137 тысяч рублей. Для компенсации понесённых затрат необходимо заключение договора на проведение научно-исследовательских работ.

Результаты работы получили практическое применение при изготовлении первого опытного образца основания.

Таким образом, цель бакалаврской работы достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Звонцов, И.Ф. Проектирование и изготовление заготовок деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие. [Электронный ресурс] / И.Ф. Звонцов, К.М. Иванов, П.П. Серебrenицкий. — Электрон.дан. — СПб. : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2015. — 179 с.
2. Афонькин, М.Г. Производство заготовок в машиностроении. / М.Г. Афонькин, В.Б. Звягин – 2-е изд., доп. и пер.ера. СПб: Политехника, 2007 – 380с.
3. Боровков, В.М. Заготовки в машиностроении : учеб.пособие для вузов по спец. 1201 "Технология машиностроения" / В. М. Боровков [и др.] ; ТГУ. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 67 с. : ил. - 34-00.
4. Клименков, С.С. Проектирование заготовок в машиностроении. Практикум. [Электронный ресурс] — Электрон.дан. — Минск : Новое знание, 2013. — 269 с.
5. Богодухов, С.И. Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении: учебник. [Электронный ресурс] / С.И. Богодухов, А.Г. Схиртладзе, Р.М. Сулейманов, Е.С. Козик. — Электрон.дан. — М. : Машиностроение, 2009. — 432 с.
6. Климов, А. С. Контактная сварка. Вопросы управления и повышения стабильности качества / А. С. Климов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 216 с.
7. Оборудование для контактной сварки: Справочное пособие / Под ред. В.В. Смирнова. – СПб.: Энергоатомиздат, 2000. – 848 с.
8. Zhou, M. Relationships between Quality and Attributes of Spot Welds / M. Zhou, H. Zhang and S.J. Hu // Welding Journal. – 2003. – № 4. – P. 179s–183s.
9. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782с.
10. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А. И. Акулова, 1978. – 462 с.

11. Козловский, С. Н. Разработка теоретических основ технологии программированных режимов контактной точечной сварки узлов летательных аппаратов: дис. ... докт. тех. Наук : 05.03.06 / Сергей Никифорович Козловский : Рос.гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ). – Москва. – 2007. – 237 с.

12. Куликов, В. П. Магнитно–тепловой метод контроля сварочных соединений, полученных контактной точечной сваркой / В. П. Куликов // Сварочное производство. – 2003. – № 9. – С. 16–20.

13. Control of spot weld quality by infrared thermal sensing :пат. 2073443 Великобритания : МПК В 23 К 11/24. / Alan C. Traub, Riccardo Vanzetti; заявл. 02.04.80; Оpubл. 14.10.81.

14. Гонтаровский, П. П. Моделирование методом конечных элементов электротермических процессов при КТС / П. П. Гонтаровский, М. Г. Пантелят // Проблемы машиностроения. – 1990. – № 34. – С. 42–47.

15. . Горина, Л. Н., Фесина, М.И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта». Уч.-методическое пособие. / Л. Н. Горина, М.И. Фесина - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 51с.

16 Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод.указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

17. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод.указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.

18. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова– Тольятти, 2012. – 135 с.

19. Иванов, А.С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие / А.С. Иванов, П.А. Давыденко, Н.П. Шамов. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 276 с.

20. Лебедев, В. А. Технология машиностроения : Проектирование технологий изготовления изделий : учеб. пособие для вузов / В. А. Лебедев, М. А. Тамаркин, Д. П. Гепта. - Гриф УМО. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 361 с.

21. Технология машиностроения : учеб. пособие для вузов / под ред. М. Ф. Пашкевича. - Минск : Новое знание, 2008. - 477 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

[illegible]