

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование)

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Передовые технологии в машиностроении

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Повышение эффективности изготовления сложно профильных калибров»

Обучающийся

А.В. Колесников

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководитель

канд. техн. наук, А.В. Зотов

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

Консультант

канд. пед. наук, О.В. Лебединская

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

Тольятти 2025

Содержание

Введение.....	4
1 Описание калибра	6
1.1 Цель и задачи работы.....	6
1.2 Калибр. Виды калибров в машиностроении	6
1.3 Назначение изготавливаемой детали	8
1.4 Описание применяемого технологического процесса	12
2 Метрологические измерения на координатно–измерительной машине	14
2.1 Описание существующих методов измерения деталей	14
2.2 Описание координатно–измерительной машины Vento More	17
2.3 Разработка процесса входного контроля и методики измерения детали «Калибр» на координатно-измерительной машине Vento More	20
3 Исследование изготовления детали «Калибр».....	28
3.1 Изготовление детали «Калибр».....	28
3.2 Исследование калибра в сборе.....	31
3.3 Описание обработки детали «Калибр» в NX	38
3.4 Описание применяемых инструмента и оснастки при изготовлении детали «Калибр».....	42
3.5 Предложения по внесению изменений в технологический процесс изготовления детали «Калибр».....	48
4 Сравнение различных технологических процессов изготовления калибра.	52
4.1 Анализ аналогичного калибра	52
4.2 Описание ТП изготовления детали «Калибр» методом литья с последующей механической обработкой	54
5 Безопасность и экологичность технического объекта	58
5.1 Пожарная безопасность	58
5.2 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	61
5.3 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта ...	65
Заключение	69

Список используемых источников	70
Приложение А Технологический процесс.....	74
Приложение Б Оснастка	76
Приложение В Опубликованная статья	81

Введение

Машиностроение является основной отраслью хозяйственной деятельности человека, которая определяет возможности развития других отраслей. Применение машин увеличивает производительность труда, повышает качество продукции, делает труд человека более безопасным [20].

Машиностроение обеспечивает изготовление новых и совершенствование имеющихся машин. Отличительной особенностью современного машиностроения является изменение эксплуатационных характеристик машин – увеличение скорости, уменьшение массы, объема, вибрации. Поэтому современным инженерам нужно быстрее решать технологические и конструкторские задачи. Это очень важно в нынешних условиях рыночных отношений [20].

Приспособленность предприятий машиностроения к рынку позволит не только увеличить прибыль, но и повысить производительность труда, снизить количество брака при изготовлении, обеспечить высокое качество разработок изделий, их производство, эксплуатацию, ремонт и доработки. Поэтому задачи должны быть тесно связаны с задачами по реализации высококачественной продукции и, следовательно, по совершенствованию технологии и конкурентоспособности выпускаемых изделий [20].

Технология машиностроительного производства представляет собой совокупность различных технологических процессов (механической обработки, литья,ковки, штамповки, термической обработки, окраски и др.), а технология машиностроения охватывает стадии машиностроительного производства – изготовление деталей из заготовок и их сборку, то есть изготовление машин.

При освоении производства новых изделий существенную роль играет своевременность и качество подготовки производства. Поэтому основное внимание на этом этапе следует уделять совершенствованию проектирования технологических процессов изготовления, сборки и испытания изделий.

В соответствии с общей тенденцией развития машиностроения в последние годы большое внимание уделяется качеству изготовления деталей и машин в целом. Проблема качества решается на базе автоматизации технологических процессов, что характерно для современного машиностроения.

Одной из важнейших отраслей машиностроения является автомобилестроение. Автомобилестроение – отрасль промышленности, осуществляющая производство безрельсовых транспортных средств (например, автомобилей, мотоциклов и повозок), преимущественно с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) [1]. Автомобильная промышленность влияет на процессы экономического и социального развития нашей страны. В нашей стране есть крупные заводы по производству автомобилей, такие как АВТОВАЗ, ГАЗ, УАЗ, КАМАЗ и др.

Основной проблемой отечественных автопроизводителей является зависимость от иностранных производителей автомобильных комплектующих, особенно это видно сейчас – в условиях экономических санкций в отношении нашей страны, когда отечественным автопроизводителям пришлось искать новых поставщиков комплектующих и новых поставщиков технологической оснастки для изготовления деталей автомобилей. Эту зависимость необходимо снижать и производить комплектующие и технологическую оснастку самостоятельно. Это положительно отразится на качестве комплектующих и на количестве производимых автомобилей.

1 Описание калибра

1.1 Цель и задачи работы

Цель работы – повышение точности изготовления детали «Калибр» передней фары.

Задачи работы:

- провести оценку конструкции детали и применяемого технологического процесса;
- провести оценку прочности кронштейна, удерживающего калибр;
- определить причину, из-за которой несколько контрольных точек не попали в допуск размеров;
- предложить рекомендации по технологическому процессу;
- сравнить различные варианты технологических процессов изготовления калибров с учетом разных заготовок по критерию трудоемкости.

1.2 Калибр. Виды калибров в машиностроении

«Калибр – средство контроля, контактирующее с элементом изделия по поверхности, линиям или точкам. Калибр имеет геометрические параметры, воспроизводящие элементы изделия с заданными предельными размерами [9]».

Согласно ГОСТ 27284-87 [7] калибры классифицируются по нескольким критериям, таким как:

- «по форме рабочих поверхностей (гладкий калибр, конусный калибр, резьбовой калибр, цилиндрический резьбовой калибр, конусный резьбовой калибр, шпоночный калибр, шлицевой калибр, профильный калибр)» [7];

- «по назначению (проходной калибр, непроходной калибр, поэлементный калибр, комплексный калибр, рабочий калибр, приемный калибр, контрольный калибр, установочный калибр, сортировочный калибр, калибр высоты (глубины) уступа, калибр расположения)» [7];
- «по конструктивным признакам (калибр-пробка, калибр-скоба, калибр-кольцо, калибр-втулка) [7]».

Также согласно [9,10] калибры подразделяют на предельные, нормальные и регулируемые.

«Предельный калибр – инструмент, используемый для замера соответствия детали в поле допуска, имеет проходную и непроходную сторону» [9,10].

«Нормальный калибр – применяется для контроля сложных поверхностей» [9,10].

«Регулируемые калибры – занимают промежуточное положение между предельным калибром и микрометром, могут изменять размер в малом диапазоне и настраиваться под предельное значение» [9,10].

На рисунке 1 представлены разновидности калибров машиностроения.



Рисунок 1 – Калибры

Далее будет представлен исследуемый калибр.

1.3 Назначение изготавливаемой детали

«Данный калибр используется для имитации передних фар при сборке тестовых автомобилей. Зазор между передними фарами и кузовом автомобиля измеряется с помощью конусной линейки. Изготавливаемый калибр является сложно-профильной деталью. Эскиз калибра с нумерацией поверхностей представлен на рисунках 2, 3, 4» [11].

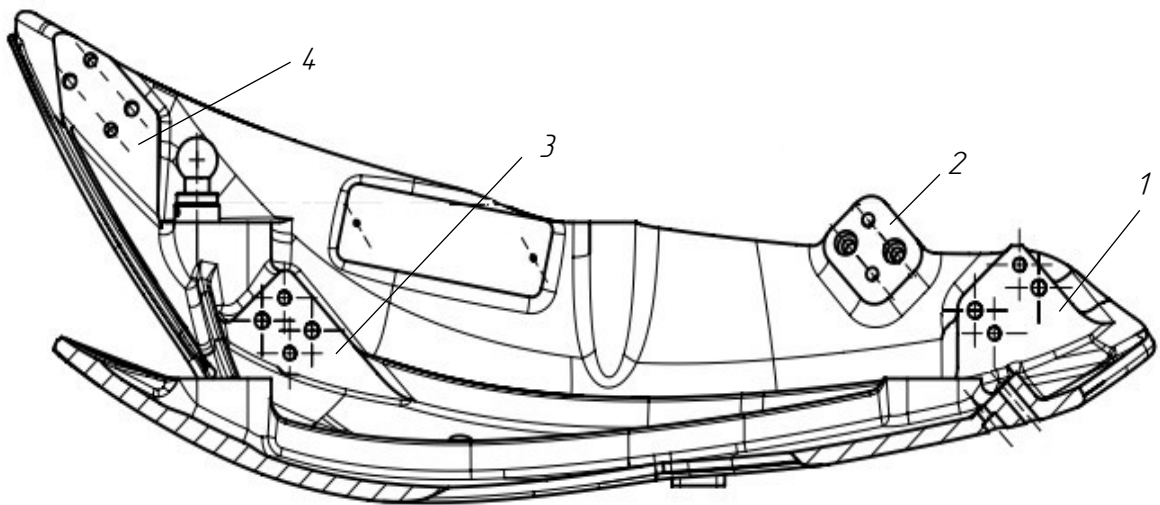


Рисунок 2 – Эскиз калибра

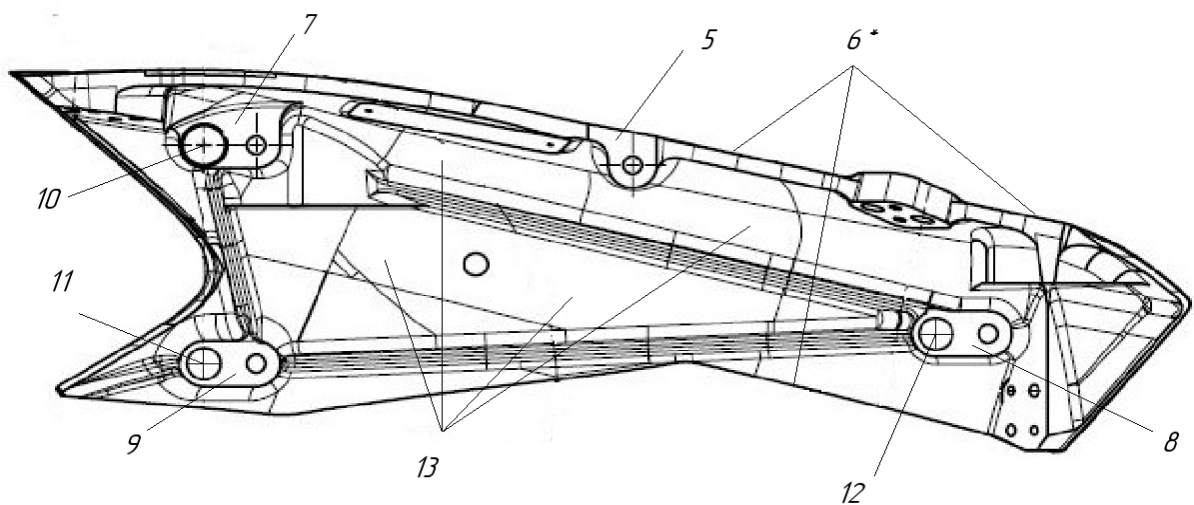


Рисунок 3 – Внутренняя сторона калибра

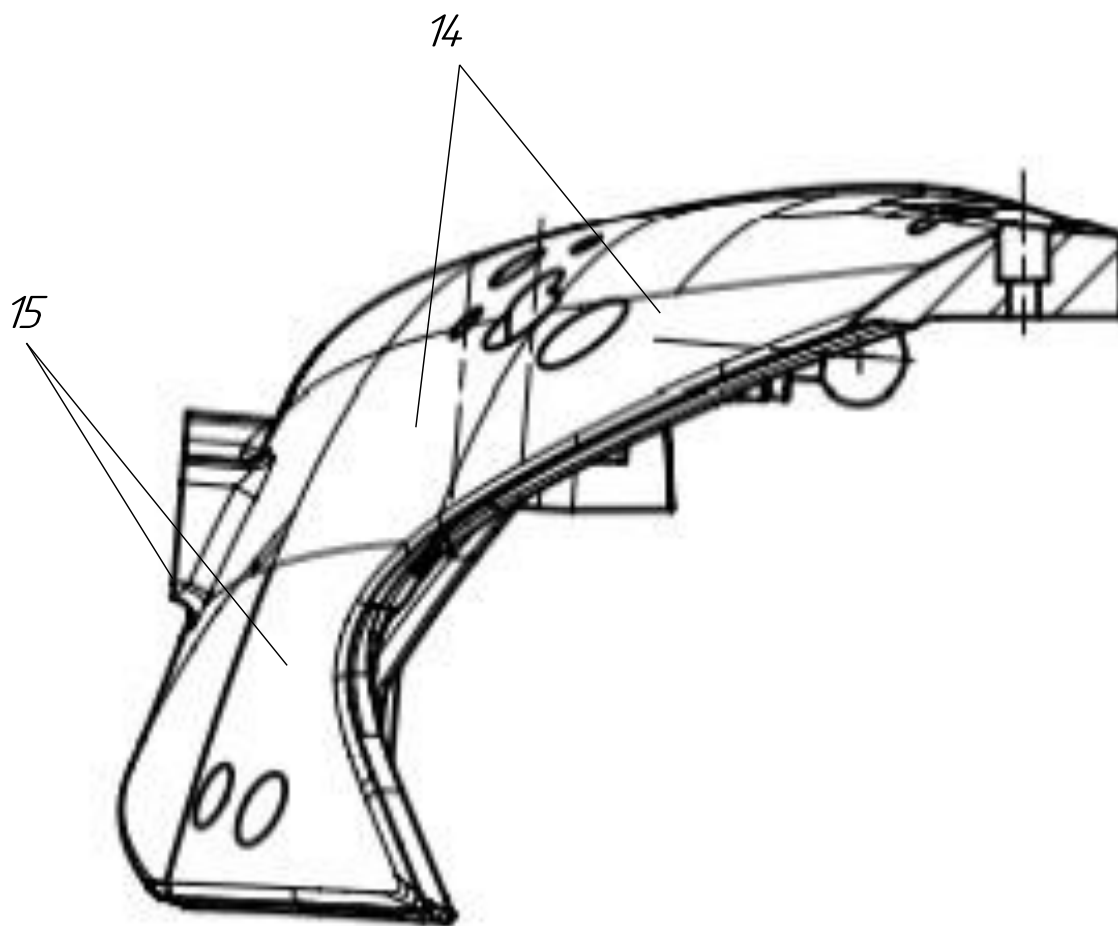


Рисунок 4 – Внешняя сторона калибра

Исполнительные поверхности детали, которые выполняют служебное назначение: 6 (по всему контуру).

«Основные конструкторские базы – поверхности, линии или точки детали, с помощью которых определяется её положение в изделии» [19].

Основные конструкторские базы: 7,8,9,10,11,12.

«Вспомогательные конструкторские базы – конструкторские базы, принадлежащие детали или сборочной единице, используемые для определения положения присоединяемого к ним изделия» [5].

Вспомогательные конструкторские базы: 1,2,3,4,5.

Свободные поверхности: 13,14,15.

Материал изготовления калибра – алюминиевый сплав С330R [38].

На рисунке 5 изображена конусная линейка для измерения зазоров между фарами и кузовом автомобиля.



Рисунок 5 – Изображение конусной линейки

На рисунках 6 и 7 будет показан калибр в сборе (внешняя и внутренняя стороны).



Рисунок 6 – Калибр в сборе (внешняя сторона)



Рисунок 7 – Калибр в сборе (внутренняя сторона)

Калибр изготавливается и затем применяется при замере зазоров на тестовых автомобилях. На конвейерной линии для контроля зазоров между применяется шаблон.

«Шаблон – специальное приспособление, которое изготавливается в виде точной копии профиля поверхности конкретной детали» [31].

Шаблон передних фар имеет такой же профиль, как и калибр, отличие заключается в том, что у калибра крепление к кузову происходит по резьбе, а у шаблона с помощью магнита. На рисунке 8 будет показано магнитное крепление шаблона.

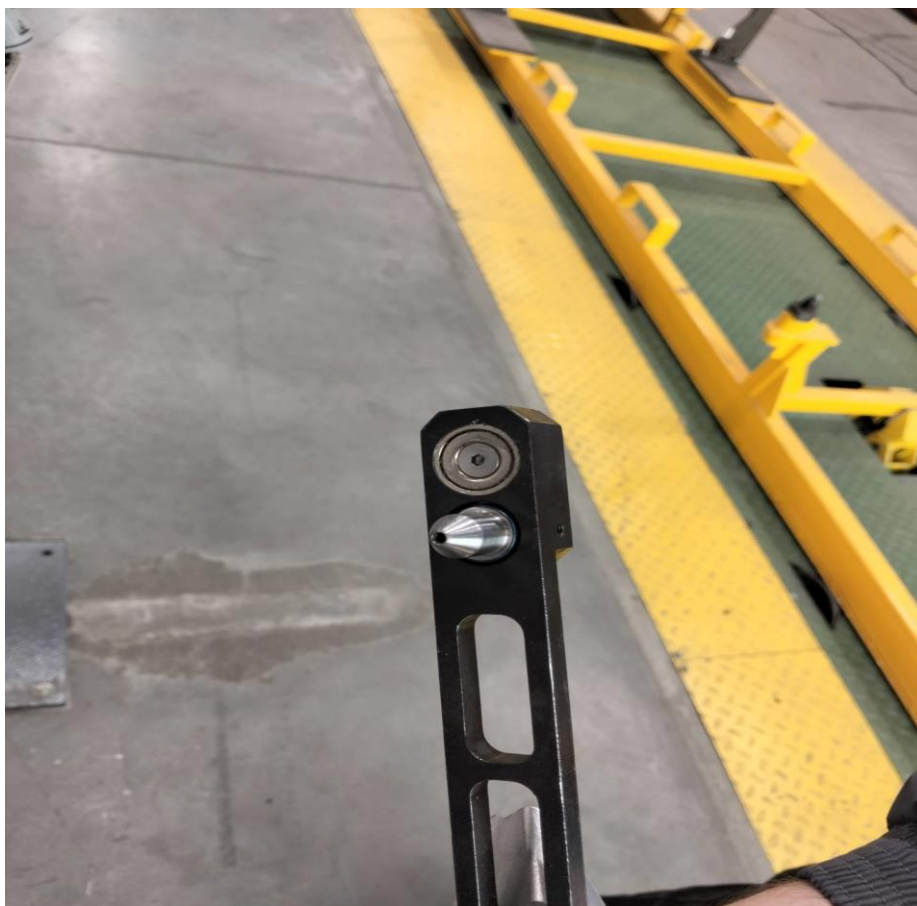


Рисунок 8 – Магнитное крепление шаблона

Далее будет описан применяемый технологический процесс изготовления калибра.

1.4 Описание применяемого технологического процесса

«Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. К предметам труда относятся заготовки и изделия [2,3].

Технологический процесс (ТП) изготовления калибра и шаблона одинаковый.

В приложении А приведен применяемый технологический процесс изготовления калибра.

По приложению А $T_{пз}$ составило 27,7 часа, $T_{шт}$ составило 195,2 часа. По этому технологическому процессу видно, что наибольшее время у следующих операций:

- операция 55 (фрезерование ЧПУ) – $T_{пз}$ составляет 0,5 часа, а $T_{шт}$ составляет 13,5 часа;
- операция 75 (фрезерование ЧПУ) – $T_{пз}$ составляет 0,5 часа, а $T_{шт}$ составляет 17,5 часа;
- операция 115 (фрезерование ЧПУ) – $T_{пз}$ составляет 0,5 часа, а $T_{шт}$ составляет 39,5 часа;
- операция 175 (фрезерование ЧПУ) – $T_{пз}$ составляет 0,5 часа, а $T_{шт}$ составляет 35,5 часа.

Выводы по разделу: в данном разделе было сказано – что такое калибр, его назначение, как детали такого типа классифицируются, был описан исследуемый калибр, было сказано, что такое шаблон, чем он отличается от калибра, и также были показаны технологические операции с наибольшим временем обработки. Сам технологический процесс (ТП) изготовления калибра представлен в приложении А.

2 Метрологические измерения на координатно-измерительной машине

2.1 Описание существующих методов измерения деталей

В целях обеспечения единства измерений в России действует Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) [8]. В настоящее время документом, определяющим термины и определения в системе ГСИ, являются рекомендации РМГ 29-2013 «Метрология. Основные термины и определения» [26]. Приведенные в этих рекомендациях термины и определения имеют предпочтительное применение в документации всех видов, учебниках, учебных пособиях, технической и справочной литературе.

На рисунке 9 изображены виды измерений [4].

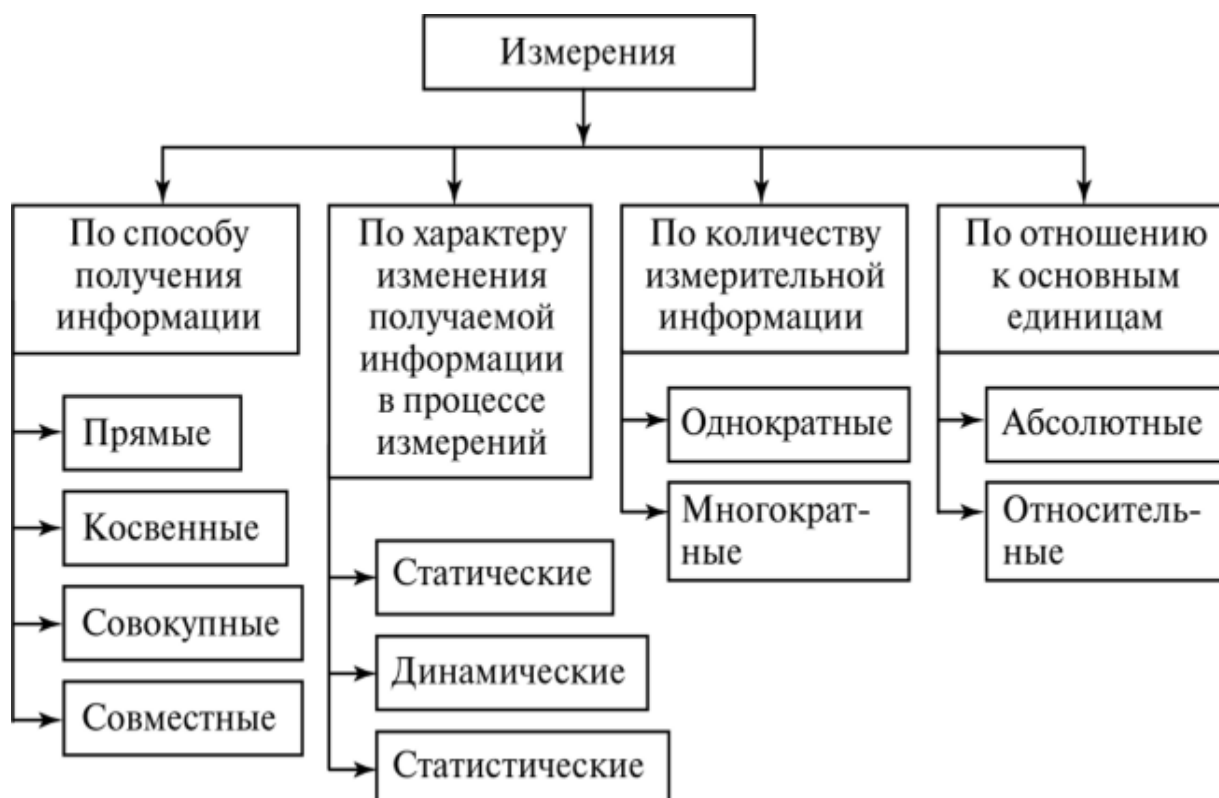


Рисунок 9 – Виды измерений

По способу получения информации измерения делятся на прямые, косвенные, совокупные и совместные.

Прямые измерения – измерения, при которых искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений, например, измерение длины линейкой [4].

Косвенные измерения – измерения, при которых искомое значение величины определяется на основании прямых измерений других физических величин, связанных с искомой величиной известной функциональной зависимостью, и расчета первой через вторые [4].

Совокупные измерения – измерения, при которых определяются фактические значения нескольких однородных величин, а действительное значение искомой величины устанавливается путем решения системы уравнений [4].

Число уравнений системы должно быть меньше числа искомых величин. Совокупные измерения являются усложненной разновидностью прямых измерений. Например, при определении объема объекта измеряется три длины: длина (L), ширина (d) и высота (h) [4].

Совместные измерения – измерения, при которых устанавливаются фактические значения неоднородных величин с целью нахождения зависимости между ними. Совместные измерения являются разновидностью косвенных. Часто совместные измерения применяются для определения коэффициентов. Например, коэффициент загрузки склада рассчитывают путем измерения массы товаров и занимаемой ими полезной складской площади [4].

Измерения по характеру измерения получаемой информации делятся на статические, динамические и статистические.

Статические измерения – измерения, которые проводятся при практическом постоянстве искомой величины, например измерение массы металлического объекта. То есть если определяются характеристики

случайных процессов, то измерения называются статическими и их можно определить только многократными измерениями [4].

Динамические измерения – измерения, в процессе которых искомая величина изменяется во времени. Например, при измерении массы растертой влажной навески продукта за счет постоянного испарения воды масса уменьшается [4].

Статистические измерения – измерения, связанные с определением характеристик случайных процессов, шумовых сигналов и др., например измерения массы дефектной продукции при окончательном контроле у изготовителя [4].

По количеству измерительной информации измерения делятся на одно- и многократные.

Однократные измерения – измерения, при которых число измерений равняется числу измеряемых величин. На практике рекомендуется считать однократным' усредненный результат не менее двух-трех измерений. Недостатком однократных измерений является возможность возникновения грубых, не устраненных погрешностей [4].

Многократные измерения – измерения, при которых число измерений (n) превышает число измеряемых величин (m). Обычно на практике $n > 3$ [4].

Целью многократных измерений является уменьшение влияния случайных погрешностей на результат измерения [4].

По отношению к основным единицам измерения делятся на абсолютные и относительные.

Абсолютные измерения – измерения, при которых результат основывается на прямых измерениях одной или нескольких основных физических величин, например измерение длины, площади, объема [4].

Относительные измерения – измерения, при которых действительное значение искомой величины устанавливается как отношение одной величины к другой однородной или неоднородной величине. Например, относительная плотность объекта устанавливается как отношение массы к объему [4].

2.2 Описание координатно-измерительной машины Vento More

«Координатно-измерительная машина – устройство для измерения геометрических размеров объекта.

Машина может управляться вручную оператором или автоматизировано компьютером. Измерения координат поверхности объекта проводятся посредством датчика (зонда), укрепленного на подвижной части машины» [15].

«Vento More – трехкоординатная измерительная машина стоечной конструкции. Выпускается в четырнадцати модификациях, отличающихся друг от друга диапазоном измерений» [29].

«Трехкоординатная измерительная машина Vento More предназначена для измерений размеров корпусных деталей сложной формы (рам, шасси, капотов, двигателей, калибров, деталей пресс-форм, деталей штампов и т.д.), тяжелых громоздких деталей, отливок, деталей космической техники, контроля технологической оснастки в автомобильной, судостроительной и авиационных промышленности и станкостроении» [29]. Стандартизирована согласно ISO 10360-2:1994 [36].

Базовой частью машины Vento является горизонтальный рычаг, который представляет собой ось Y декартовой системы координат машины, плечо, перпендикулярное к нему, является осью X. Рычаг несет измерительные головки как контактные, так и бесконтактные или другие устройства измерения, а также разметочный инструмент [29].

Измерения производятся в ручном и автоматическом режимах, последний реализуется от клавиатуры компьютера [29].

Машины Vento More с размером по оси Y 1400 мм снабжаются головками специальной конструкции DEA CW 43, имеющими автоматическую программную компенсацию погрешностей и автокалибровку, а также длинным щупом, позволяющим измерять детали любой конфигурации. Координатно-измерительная машина Vento More снабжается

также специальным приспособлением для позиционирования тонкостенных деталей [29].

Программное обеспечение специально адаптировано для задач, решаемых на КИМ Vento More, и включает в себя программу TUTOR™ for WINDOWS™ и CHORUS™, которые являются стандартными для ручного и автоматического измерения деталей [29].

В таблице 1 представлены характеристики координатно-измерительной машины Vento More [29].

Таблица 1 – Характеристики КИМ Vento More

Характеристики	Значение	Единицы измерения
Управление	Ручное/CNC	
Предел допускаемого значения погрешности измерительной головки	8/16/25/32	Р, мкм
Предел допускаемого значения погрешности пространственных измерений	35+30L/1000	Ез, мкм
Разрешение	1	мкм
Скорость перемещения	26	м/мин
Устройство смены щупов	Ручная смена	
Питание	110/230 50-60	В Гц
Обеспечение воздухом	Обеспечиваемое давление 5 бар, предварительно очищенный. Расход 40 л/мин.	
Влажность воздуха	40-60	%
Диапазон рабочих температур	5-35	°С

В комплект координатно-измерительной машины Vento More входят:

- трехкоординатная измерительная машина стоечной конструкции со стационарным рабочим столом;
- пульт управления координатно-измерительной машиной;
- программное обеспечение TUTOR™ for WINDOWS™ и CHORUS™;
- ПЭВМ, клавиатура, мышь, сетевой кабель и принтер;

- Паспорт и руководство по эксплуатации – 1 экземпляр;
- Руководство оператора по работе с системой TUTOR™ for WINDOWS™ и CHORUS™ – 1 экземпляр;
- Документация на ПЭВМ – 1 экземпляр;
- Инсталляционная дискета – 3 экземпляра [29].

Поверка координатно-измерительной машины Vento More производится с «Методикой поверки трехкоординатных измерительных машин», разработанной ВНИИМС, и входящей в комплект эксплуатационной документации.

Для проведения поверки необходимы следующие средства измерений и вспомогательное оборудование:

- аттестованная сфера диаметром 30 или 50 мм;
- устройство с концевыми мерами длины;
- образцовая концевая мера длины;
- параметрическая мера;
- типовая деталь;
- стойка и приспособление для крепления сферы;
- стойка и приспособление для крепления КМД;
- набор измерительных щупов.

При операциях поверки также используются программы для проведения операций поверки в автоматическом режиме. Межповерочный интервал – один год. На рисунке 10 показана координатно-измерительная машина (КИМ) Vento More.



Рисунок 10 – Координатно-измерительная машина Vento More

2.3 Разработка процесса входного контроля и методики измерения детали «Калибр» на координатно-измерительной машине Vento More

Процесс входного контроля детали «Калибр» состоит из следующих операций:

- проверка внешнего вида детали (визуально);
- проверка марки материала (по документации);
- проверка шероховатости. Средство контроля – образцы шероховатости ГОСТ 9378-93;
- измерение контролируемых параметров детали.

Средство измерения – координатно-измерительная машина Vento More [25].

В работе была разработана методика измерения калибра на координатно-измерительной машине, которая включает последовательность следующих операций:

- подготовить деталь для измерения согласно пункту 2 и установить деталь на рабочую плиту для измерения;
- откалибровать измерительный щуп согласно краткому руководству пользователя КИМ. Если результаты калибровки не превышают пределов допустимой погрешности, то продолжаем программу измерения детали, если результаты – превышают пределов допустимой погрешности, то измерительный щуп калибруем снова;
- после калибровки щупа нужно базировать деталь вручную, чтобы машина запомнила нахождение детали в пространстве и в автоматическом режиме выполнила программу измерений;
- запустить программу измерения детали по алгоритму программы измерительной машины согласно программе обмера и эскизу детали «Калибр»;
- сформировать протокол измерения и установить соответствие детали требованиям конструкторской документации;
- разработать протокол [25].

Согласно [34], точность и качества изготовления деталей – степень соответствия ее показателей параметрам, заданным конструктором в рабочем чертеже и техническим условиям детали.

На рисунке 11 представлен первый лист измерения баз калибра.

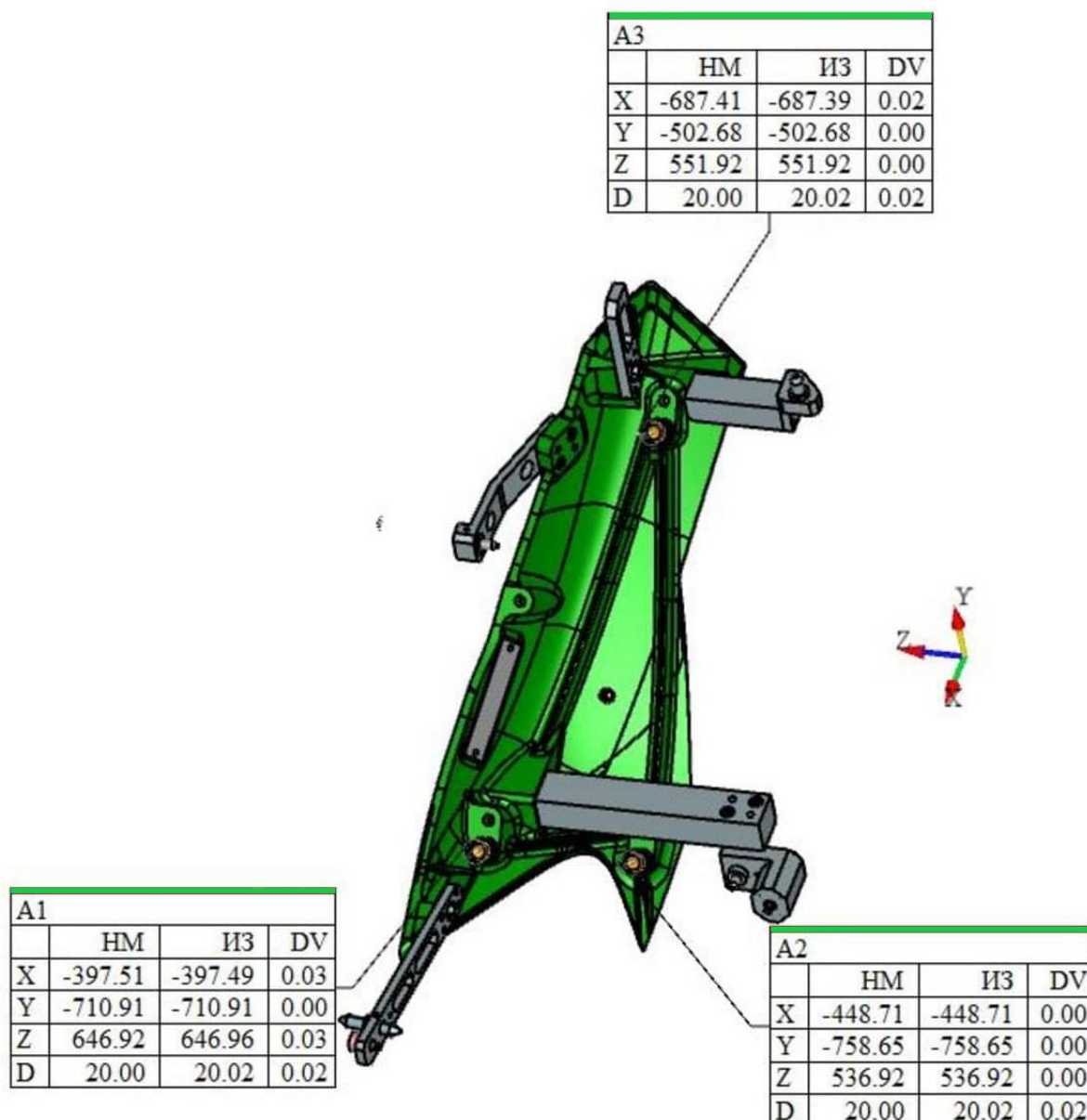


Рисунок 11 – Карта замеров: первый лист

Как видно по рисунку 11, все базы в допуске ($\pm 0,20$ мм).

На рисунке 12 будет представлен второй лист карты замеров детали «Калибр». Здесь измеряются формообразующие поверхности детали «Калибр».

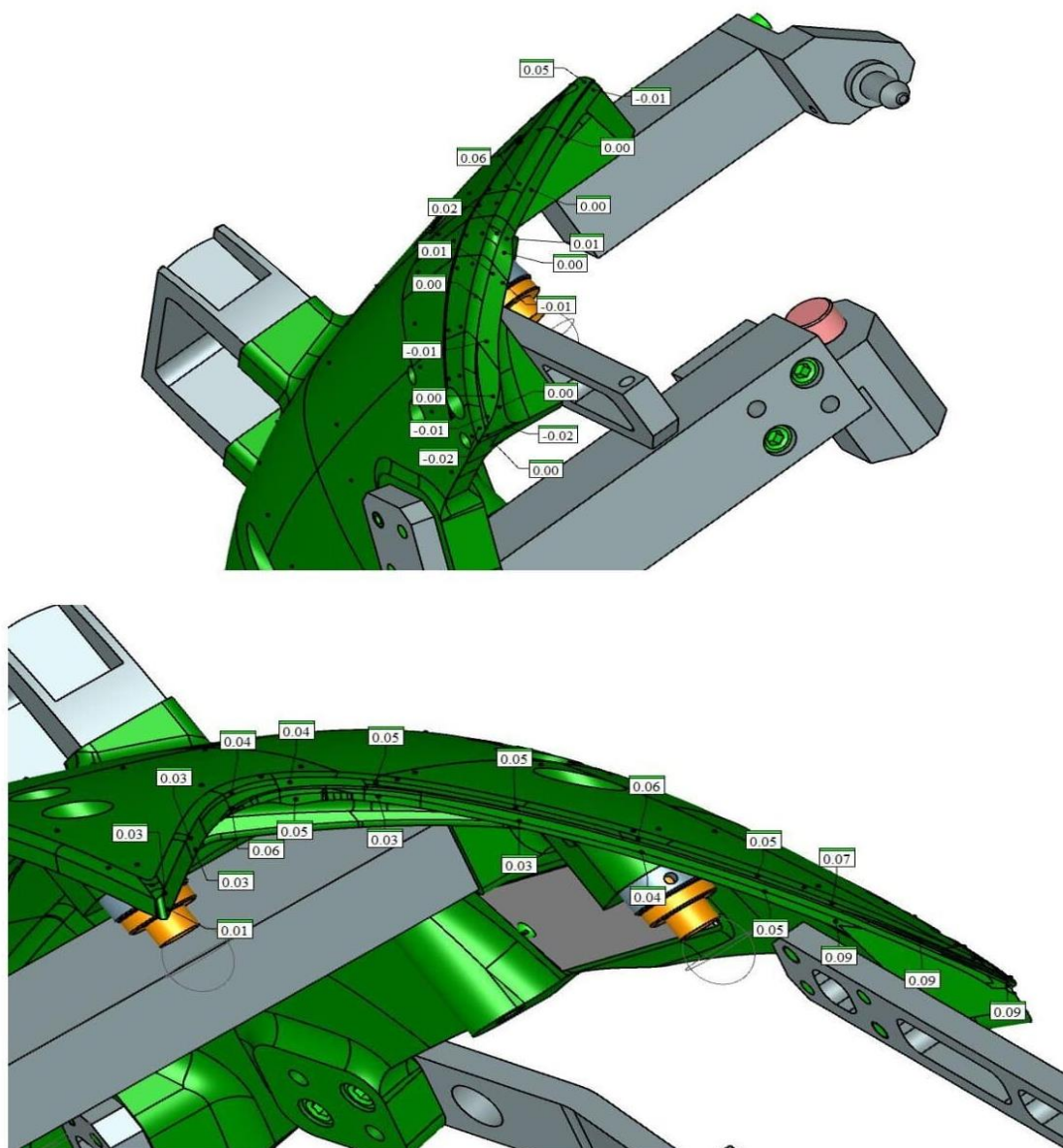


Рисунок 13 – Карта замеров: третий лист

Согласно рисунку 13, все значения попали в допуск.

На рисунке 14 будет представлен четвертый лист карты замеров детали «Калибр». Здесь также измеряются формообразующие поверхности детали «Калибр».

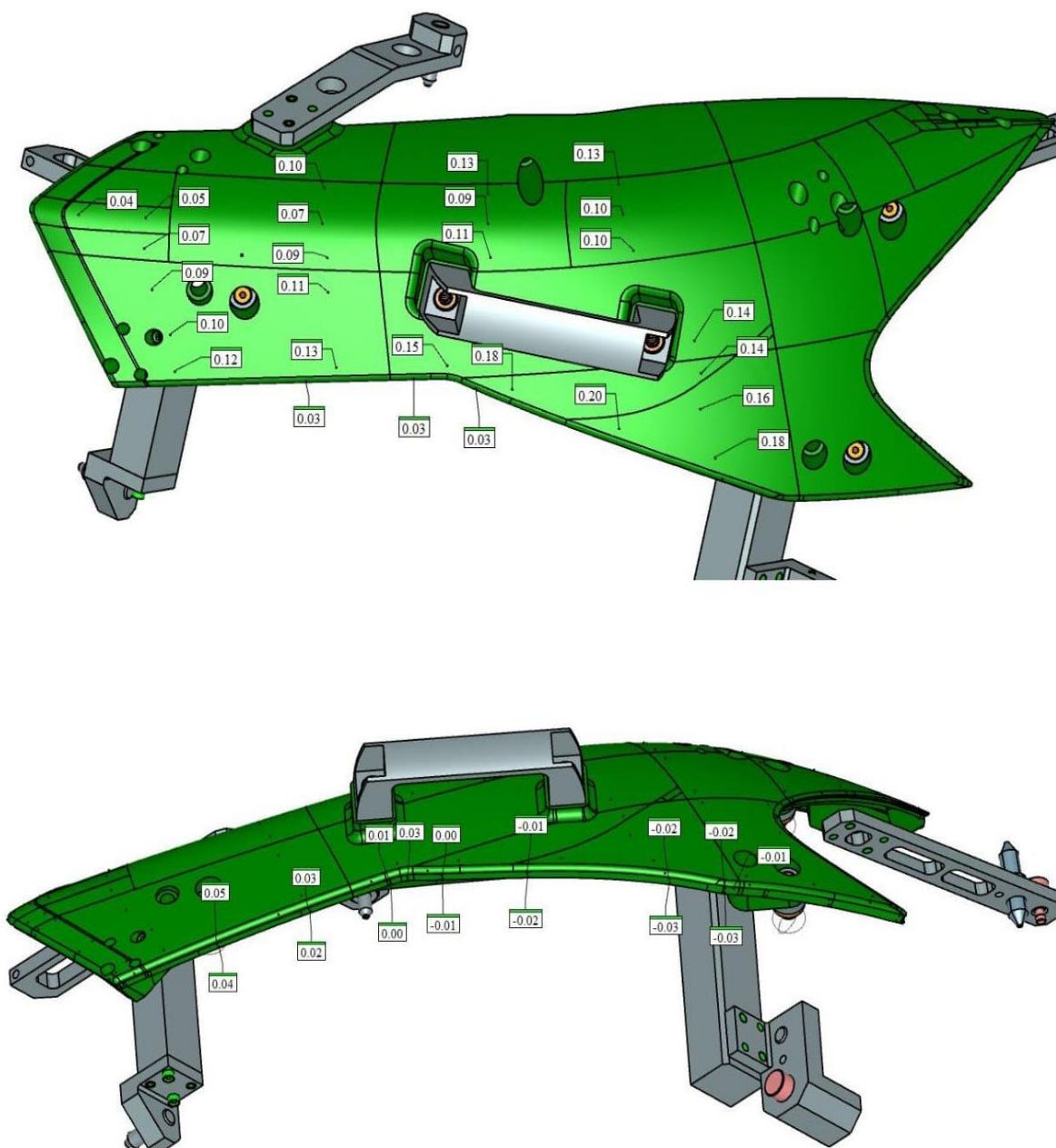


Рисунок 14 – Карта замеров: четвертый лист

Согласно рисунку 14, все значения попали в допуск.

На рисунке 15 будет представлен пятый лист карты замеров детали «Калибр». Здесь измеряются поверхности кронштейнов и оси фиксаторов детали «Калибр».

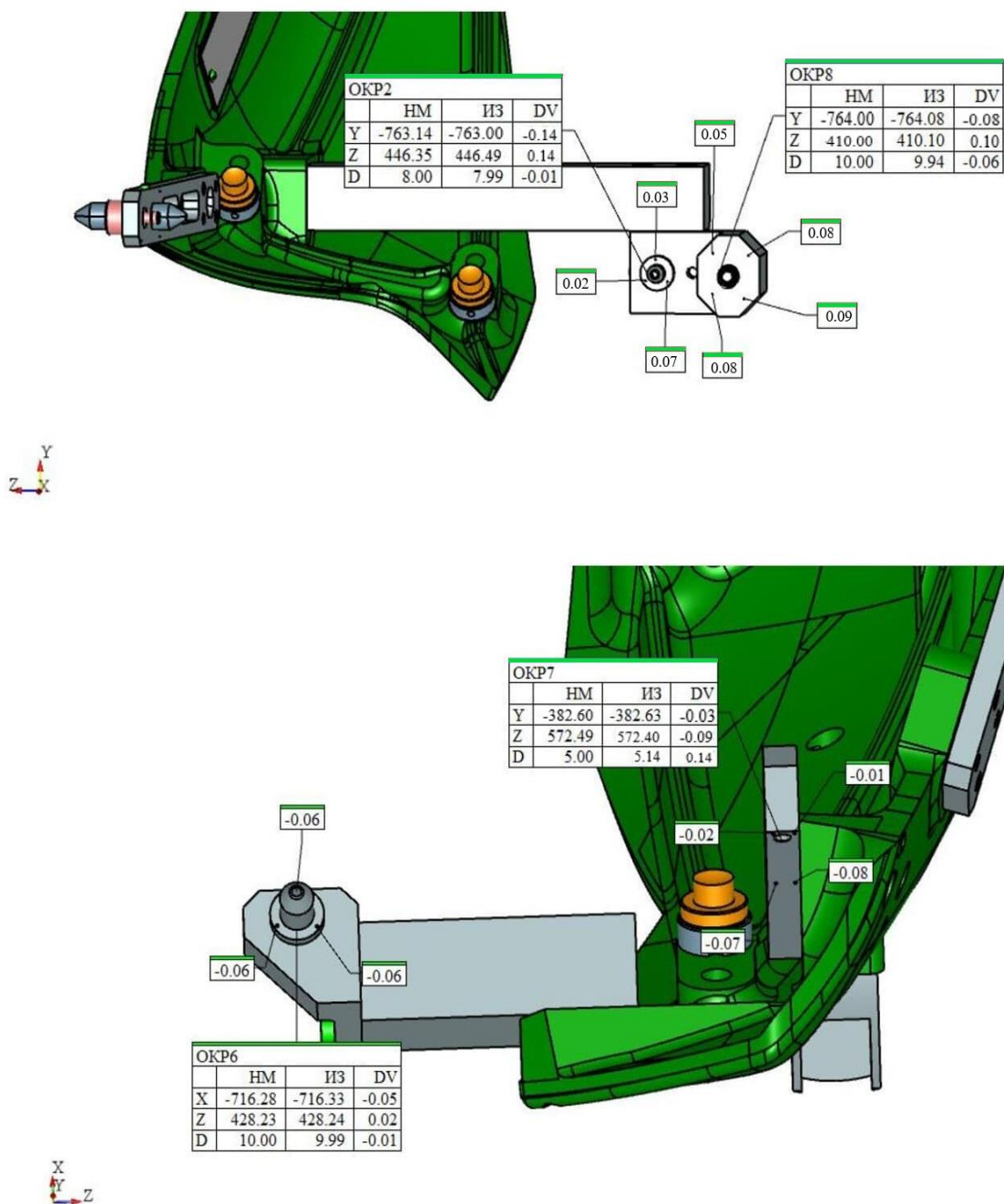


Рисунок 15 – Карта замеров: пятый лист

Согласно рисунку 15, все значения попали в допуск.

На рисунке 16 будет представлен шестой лист карты замеров детали «Калибр». Здесь также измеряются поверхности кронштейнов и оси фиксаторов детали «Калибр».

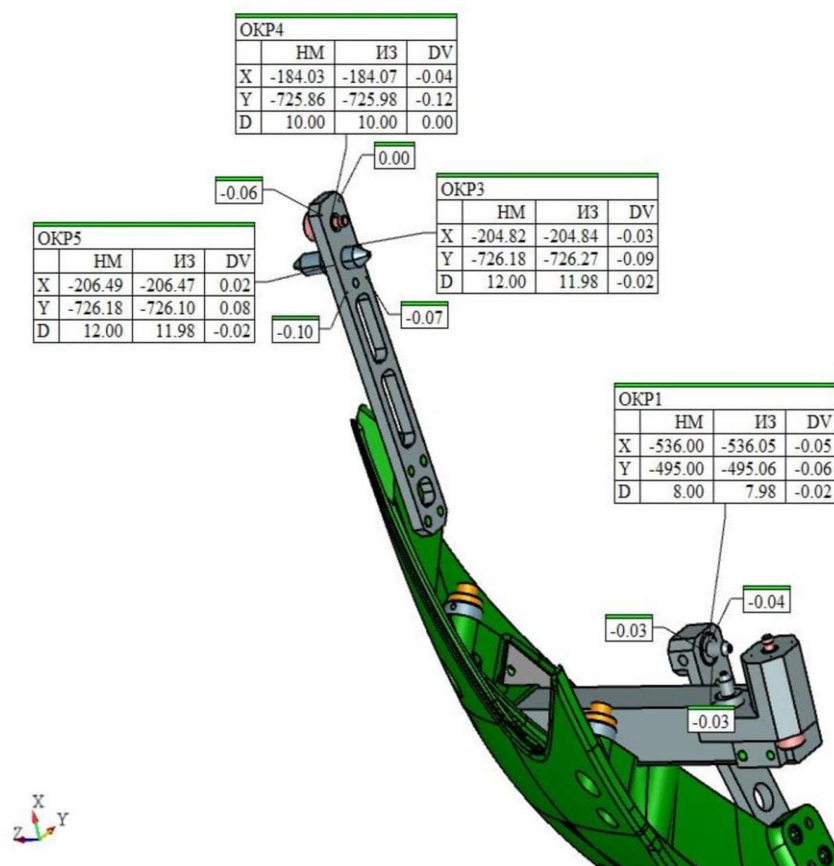


Рисунок 16 – Карта замеров: шестой лист

Согласно рисунку 16, все значения попали в допуск.

Выводы по разделу: в данном разделе были описаны виды метрологических измерений, описана и показана координатно-измерительная машина Vento More, на которой проводились замеры детали «Калибр», приведены ее характеристики, была представлена карта замеров детали «Калибр». Согласно данной карте замеров, несколько контрольных точек не попали в допуск размеров (рисунок 12 – карта замеров: второй лист).

3 Исследование изготовления детали «Калибр»

3.1 Изготовление детали «Калибр»

Технологический процесс изготовления детали «Калибр» представлен в приложении А.

На рисунке 17 будет показана 3D-модель заготовки после фрезерной обработки, обработки отверстий и технологических врезок. Монтажная плита 1 показана в приложении Б (рисунок Б.1).

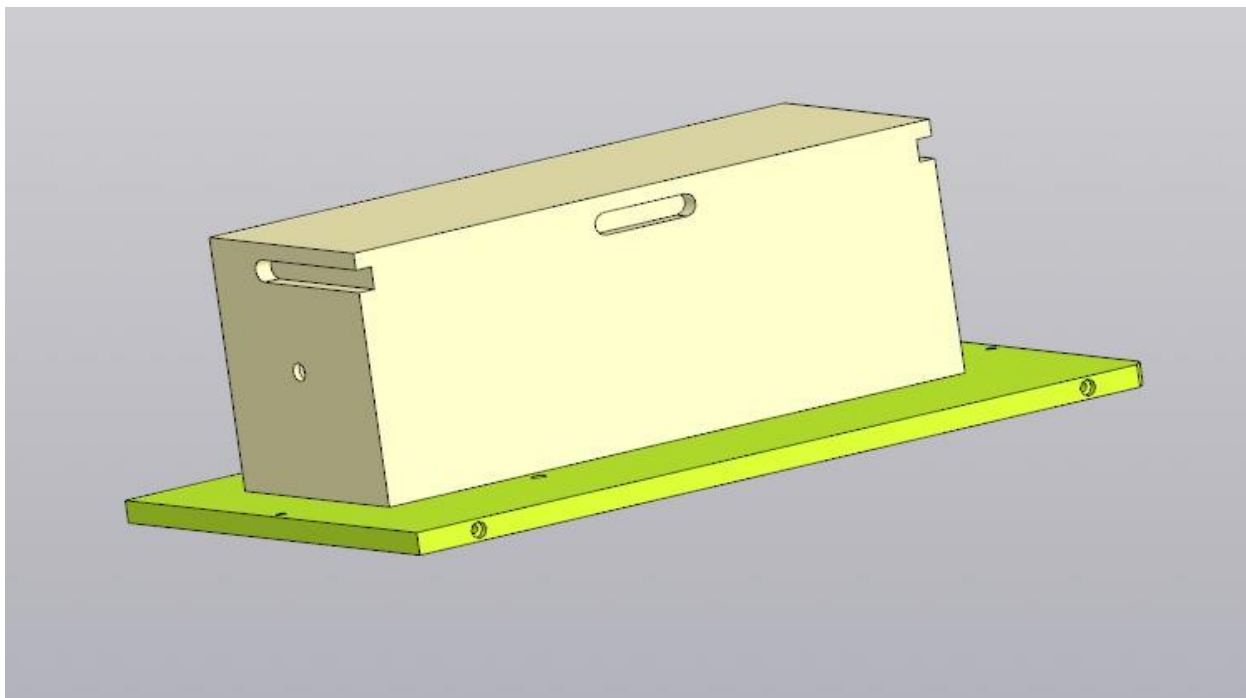


Рисунок 17 – 3D-модель заготовки калибра после фрезерной обработки

Согласно приложению А, отверстия, технологические врезки выполнялись на операциях 35-50. Далее будет выполнена черновая обработка наружной плоскости.

На рисунке 18 показано как будет выглядеть наружная плоскость после черновой обработки.

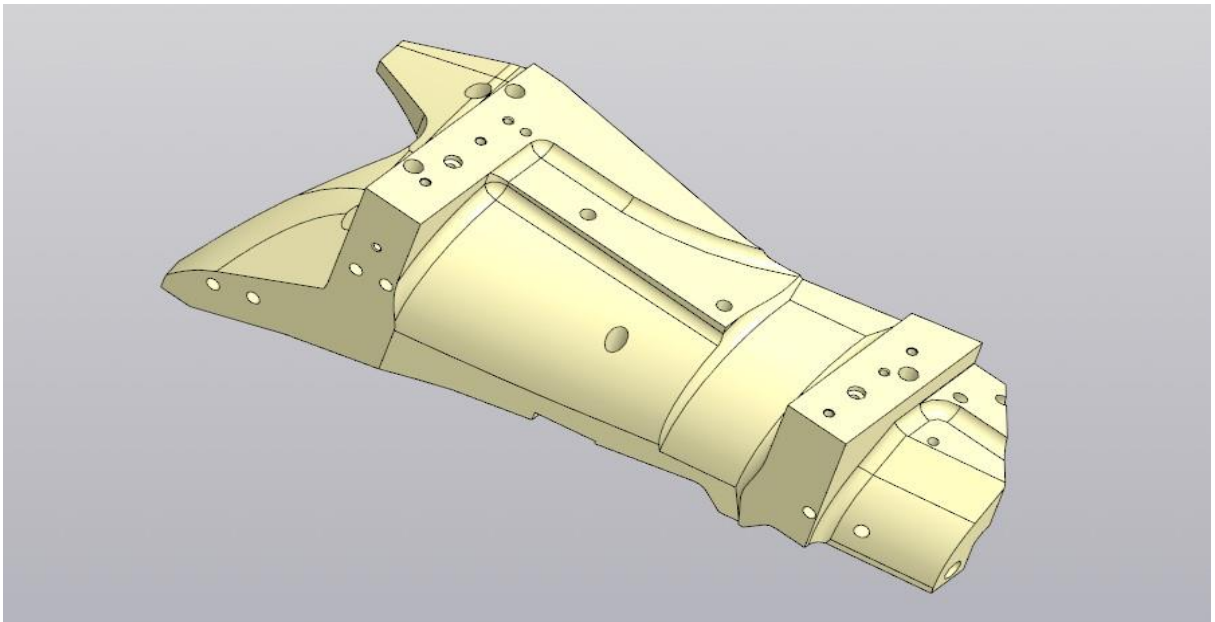


Рисунок 18 – 3D-модель калибра после черновой обработки наружной плоскости

Далее выполняется черновая обработка внутренней плоскости. На рисунке 19 показана 3D-модель детали «Калибр» после черновой обработки внутренней плоскости (глубина резания при черновой обработке равна 1 мм).

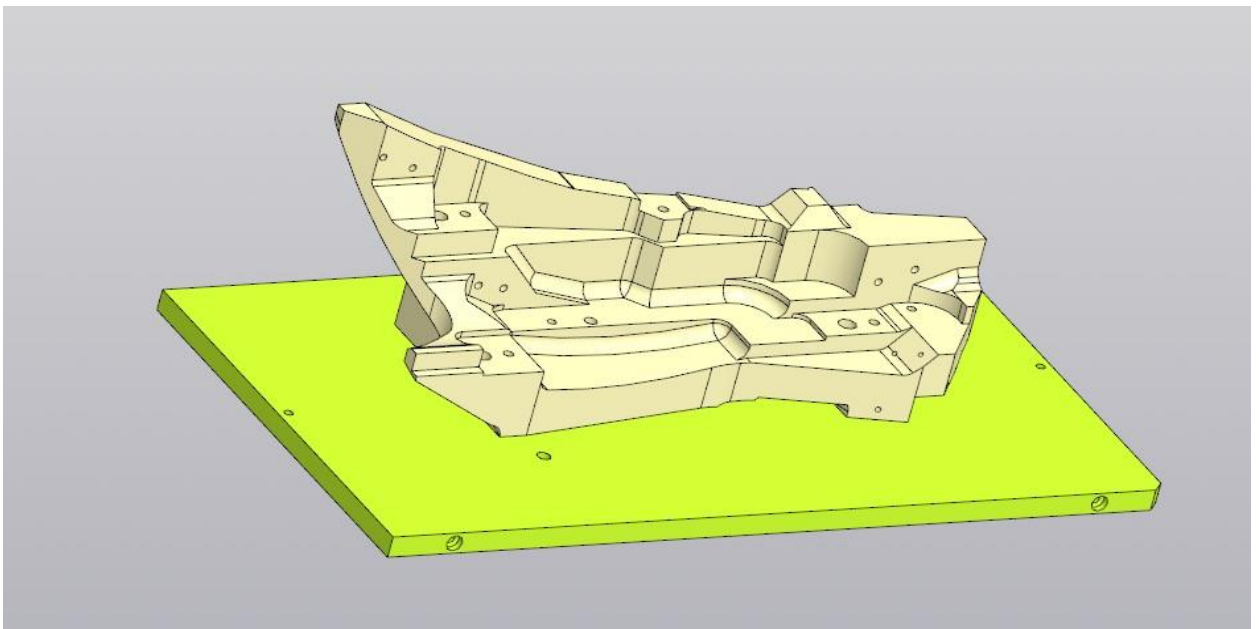


Рисунок 19 – 3D-модель детали калибра после черновой обработки внутренней плоскости

Далее будет чистовая обработка внутренней плоскости.

На рисунке 20 представлена 3D-модель калибра после чистовой обработки внутренней плоскости.

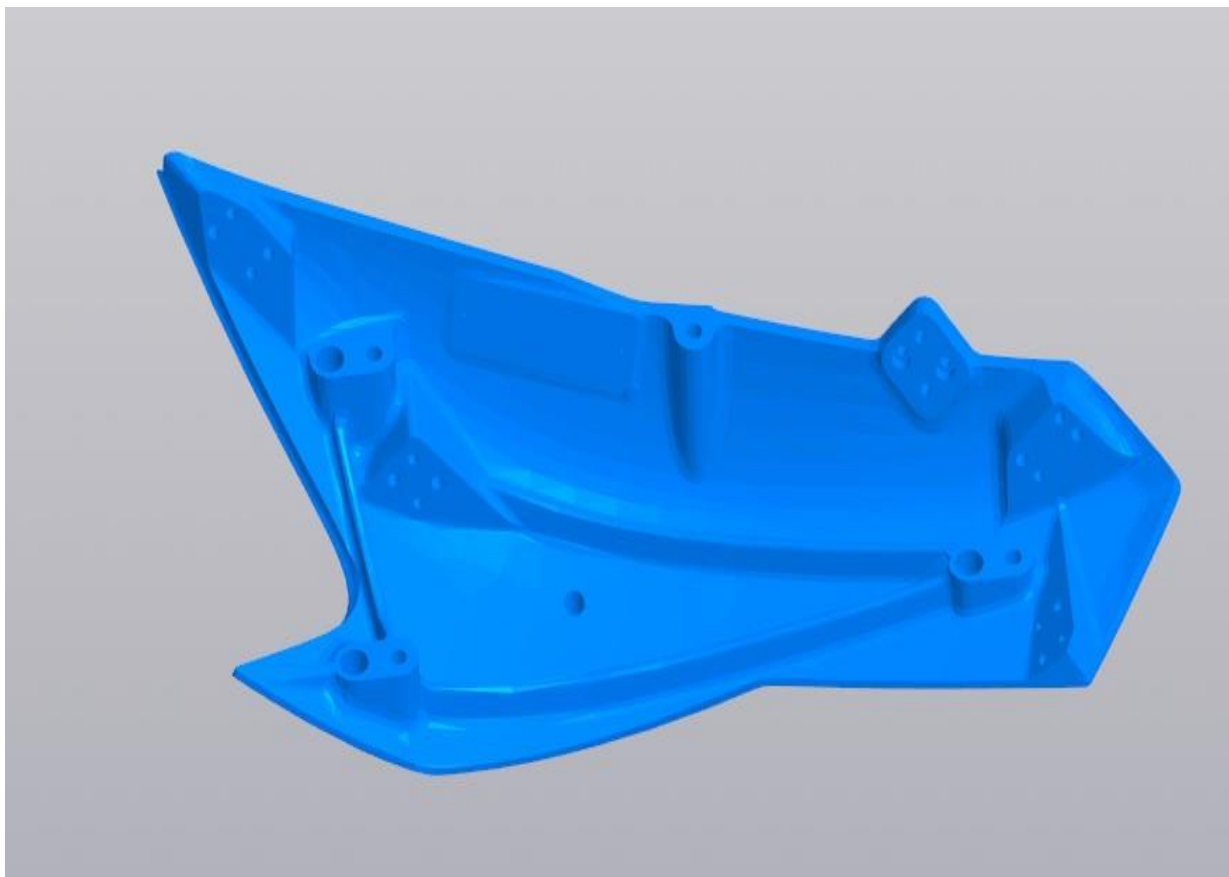


Рисунок 20 – 3D-модель детали калибра после чистовой обработки внутренней плоскости

Глубина резания при чистовой обработке – 0,3 мм.

На рисунке 21 показана 3D-модель установки калибра на монтажной плите и стойках при чистовой обработке наружной плоскости.

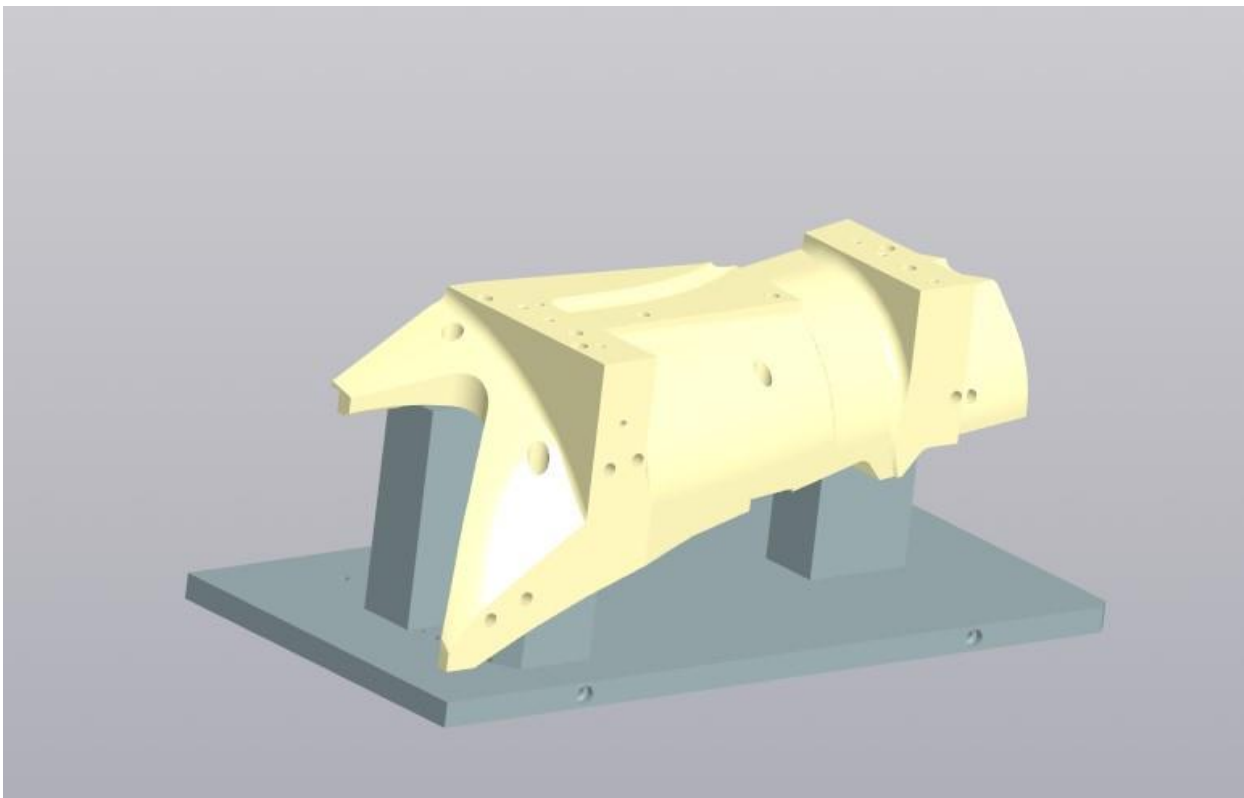


Рисунок 21 – 3D-модель установки калибра при чистовой обработке наружной плоскости

Оснастка (монтажная плита, стойки, втулки) для этой установки показана в приложении Б (рисунки Б.2-Б.7).

Затем выполняется электроэрозионная операция. Обрабатывается хвостовая часть детали «Калибр». После электроэрозионной операции происходит измерение детали на координатно-измерительной машине.

3.2 Исследование калибра в сборе

Чтобы «Калибр» функционировал, нужно, чтобы все детали, входящие в сборочную конструкцию, выдерживали необходимую нагрузку – массу всей сборочной конструкции, которая равна 5,7 кг. На рисунке 22 будет представлен эскиз «Калибр» в сборе. Самый большой вылет имеется у кронштейна (позиция 12). На рисунке 23 будет выделен данный кронштейн.

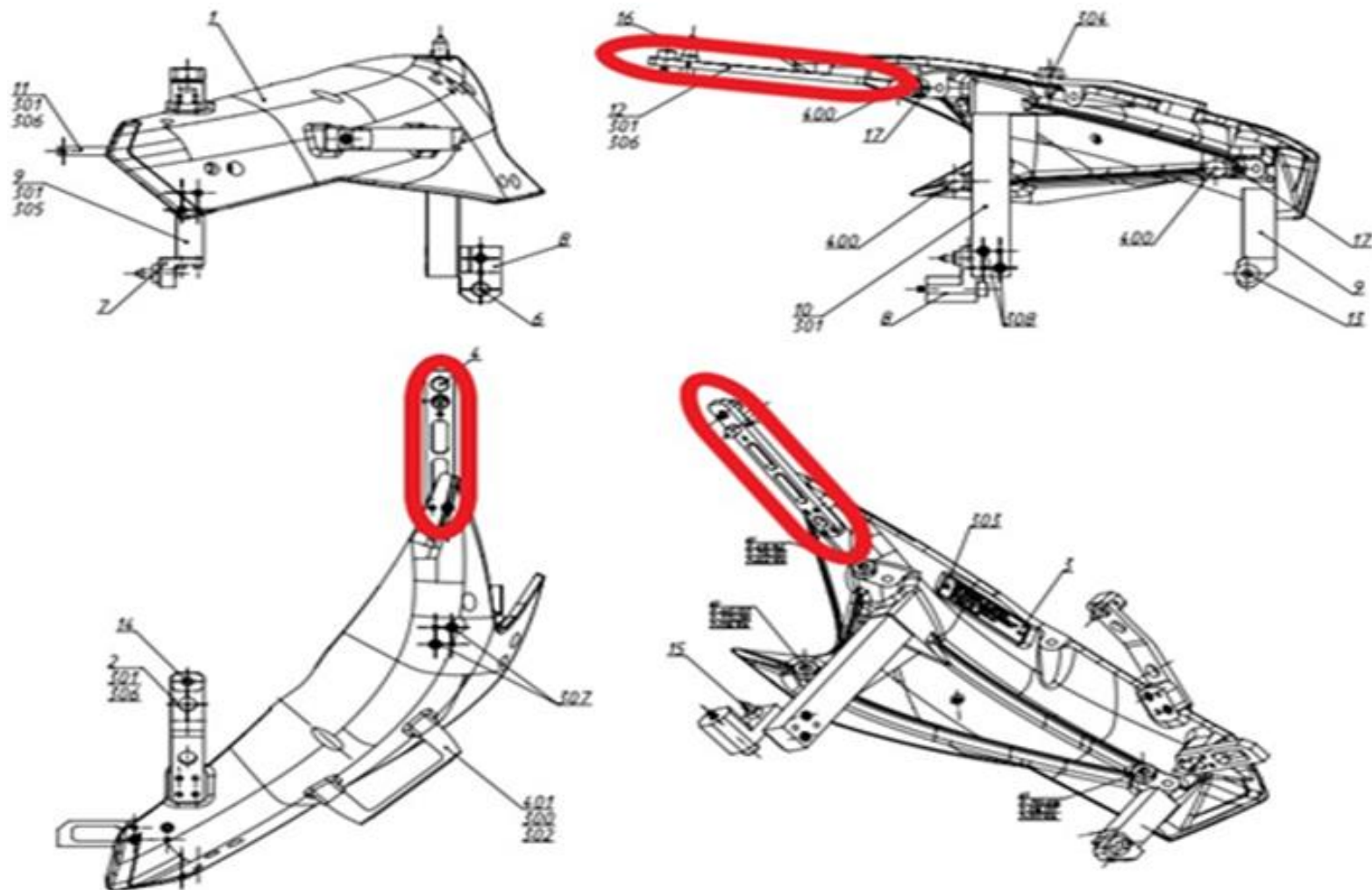


Рисунок 23 – Выделение кронштейна

На рисунке 24 будет показана 3D-модель кронштейна. Материал, из которого был изготовлен данный кронштейн – Сталь 20.

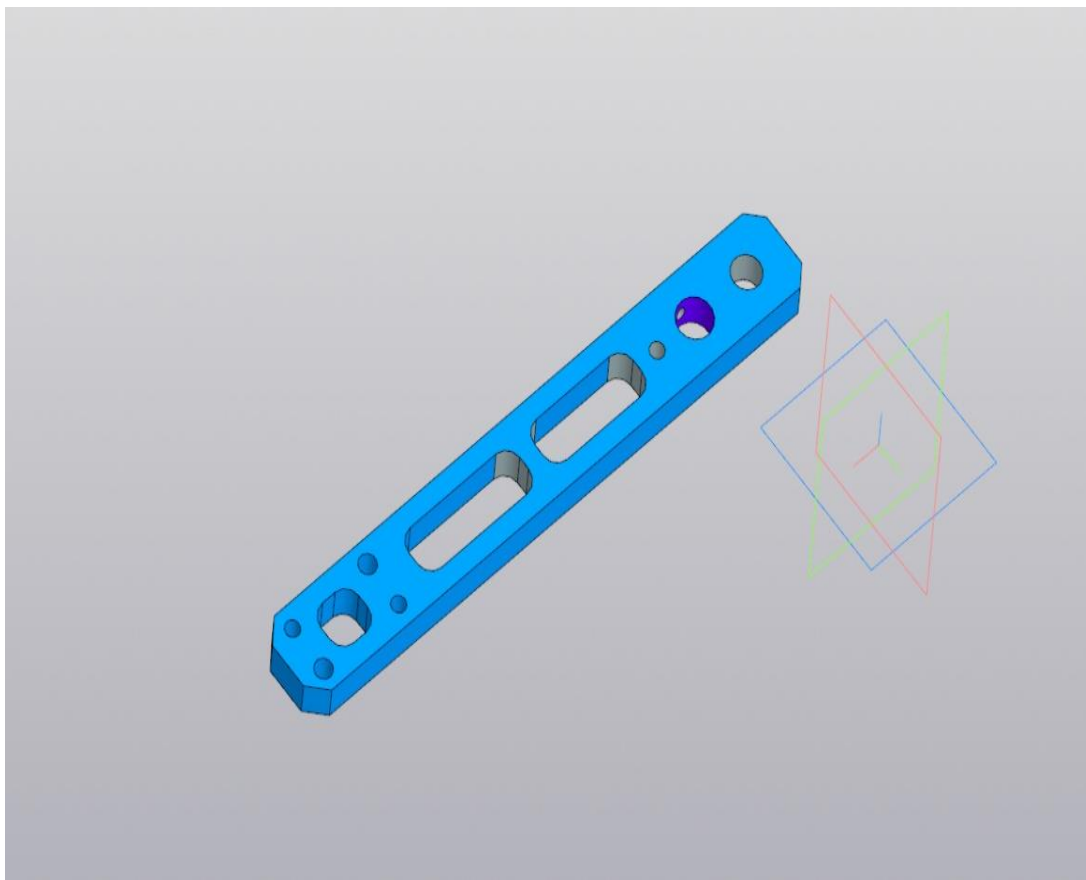


Рисунок 24 – 3D-модель кронштейна

Для исследования необходимо смоделировать статическое напряженно-деформированное состояние калибра и выполнить необходимый расчет.

Расчет будет выполнен в ПО АРМ FEM COMPAS [21].

Масса самого калибра равна 5,7 кг, поэтому, согласно стандартному положению компании АО «АВТОВАЗ», калибр должен выдерживать эту нагрузку, то есть, 57 Н.

На рисунке 25 будет представлено место приложения нагрузки на кронштейн.

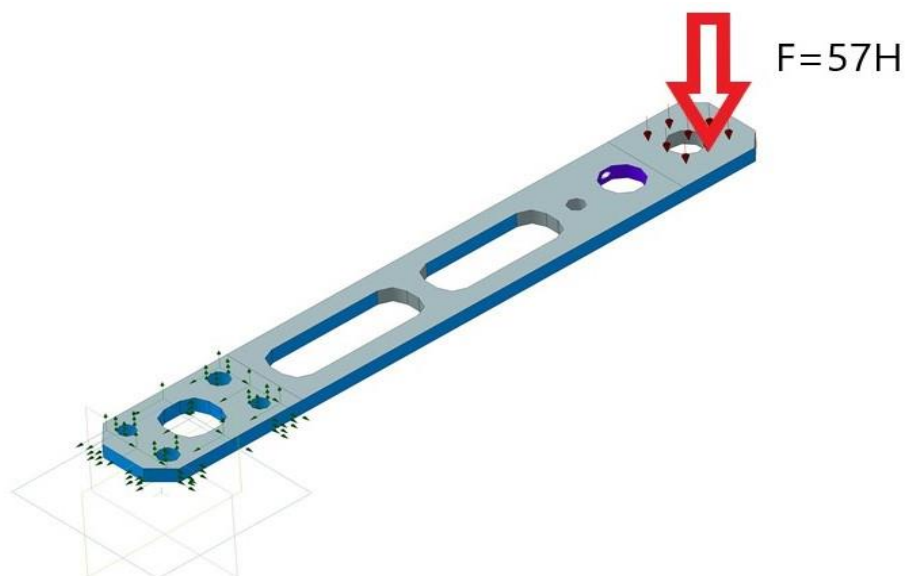


Рисунок 25 – Направление приложения нагрузки

Предел текучести – механическая характеристика материала, характеризующая напряжение, при котором пластические деформации продолжают расти без увеличения нагрузки. С помощью этого параметра рассчитываются допустимые напряжения для пластичных материалов [23].

Предел прочности – механическое напряжение, выше которого происходит разрушение материала. Иначе говоря, это пороговая величина, превышая которую механическое напряжение разрушит некое тело из конкретного материала [22].

Характеристика, по которой будем оценивать предельное напряжение, будет предел текучести. Годность детали будем считать по пределу текучести. Так как, предел текучести всегда меньше предела прочности, и для того, чтобы деталь была минимально пригодна, нужно считать по пределу текучести.

Предел текучести равен $\sigma_{\text{пред}} = 245 \text{ МПа}$ согласно [27].

Коэффициент запаса прочности будем выбирать, исходя из расчетов деталей, которые выполняют похожий функционал. В данных расчетах коэффициент запаса находится в диапазоне от 1,5 до 3. Наша деталь не

испытывает постоянных, а только временные, поэтому будет целесообразнее выбирать его в диапазоне от 1,5 до 2. Выберем коэффициент 2, чтобы точно обеспечить необходимую долговечность для детали.

Условием прочности для данной детали, при котором деталь способна выполнять свой функционал, будет соблюдение неравенства [30] (1):

$$\sigma_{max} < [\sigma], \quad (1)$$

где σ_{max} – максимальное напряжение, возникающее при нагрузке 57 Н;
[σ] – предельное напряжение, которое рассчитывается по формуле (2):

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{пред}}{[s]}, \quad (2)$$

где $\sigma_{пред}$ – предел текучести; $\sigma_{пред} = 245$ МПа [27];
[s] – коэффициент запаса; [s] = 2.

Подставив значения соответствующих параметров в формулу (2), получим:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{пред}}{[s]} = \frac{245 \text{ МПа}}{2} = 122,5 \text{ МПа}$$

Подставив значения соответствующих параметров в формулу (1), получим:

$\sigma_{max} < 122,5$ МПа. Соответственно, максимальное напряжение, возникающее при нагрузке 57 Н, должно быть меньше 122,5 МПа, чтобы деталь была пригодна.

Строим конечно-элементную сетку с помощью команды «Mesh». Размер сетки составляет 1×10^{-3} м. Конечно-элементная сетка показана на рисунке 26.

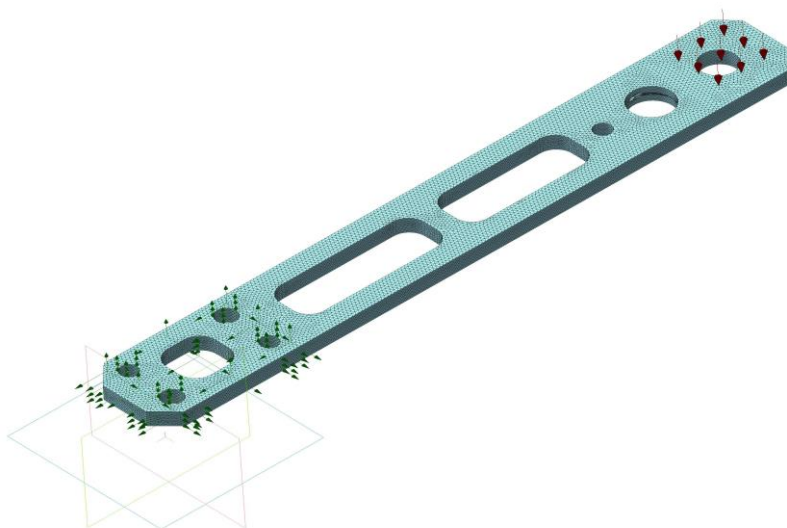


Рисунок 26 – Конечно-элементная сетка кронштейна

Прикладываем 57 Н. Результаты статического расчета показаны на рисунке 27.

Для закрепления кронштейна в калибре используются 2 отверстия М6 и 2 отверстия $\varnothing 6H7$. Это показано на рисунках 22 и 24.

Результаты статического расчета

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Эквивалентное напряжение по Мизесу	SVM [МПа]	0	64.009469

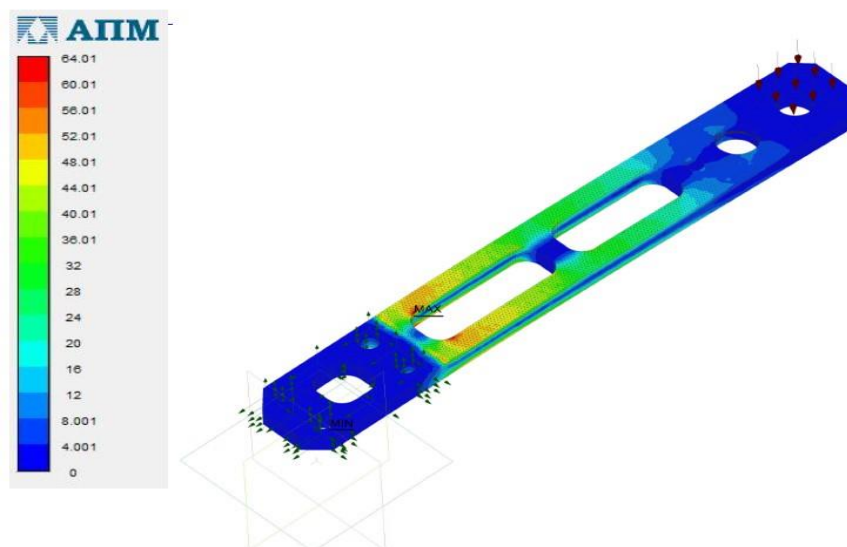


Рисунок 27 – Результаты статического расчета

Согласно рисунку 27, $\sigma_{\max} = 64$ МПа. Нужно чтобы выполнялось неравенство (1):

$$\sigma_{\max} < [\sigma],$$

где $\sigma_{\max} = 64$ МПа;

$[\sigma] = 122,5$ МПа.

Подставив значения параметров в формулу (1), получим:

$64 \text{ МПа} < 122,5 \text{ МПа}$. Это значит, что неравенство (1) выполняется, и, соответственно, можно сделать вывод о том, что деталь пригодна к использованию.

3.3 Описание обработки детали «Калибр» в NX

Из технологического процесса, представленного в приложении А, стоит выделить операции по механической обработке. Это представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Механическая обработка

Номер операции	Операция	$T_{\text{пз}}$	$T_{\text{шт}}$
055	Фрезерование ЧПУ (Черновая обработка наружной плоскости)	0,5	13,5
075	Фрезерование ЧПУ (Черновая обработка внутренней плоскости)	0,5	17,5
115	Фрезерование ЧПУ (Чистовая обработка внутренней плоскости)	0,5	39,5
175	Фрезерование ЧПУ (Чистовая обработка наружной плоскости)	0,5	35,5
185	Электроэрозионная (Хвост)	0,5	2,5

На каждую из этих операций были написаны УП (управляющие программы) в программе Siemens NX [39]. На рисунке 28 показан калибр в программе Siemens NX.

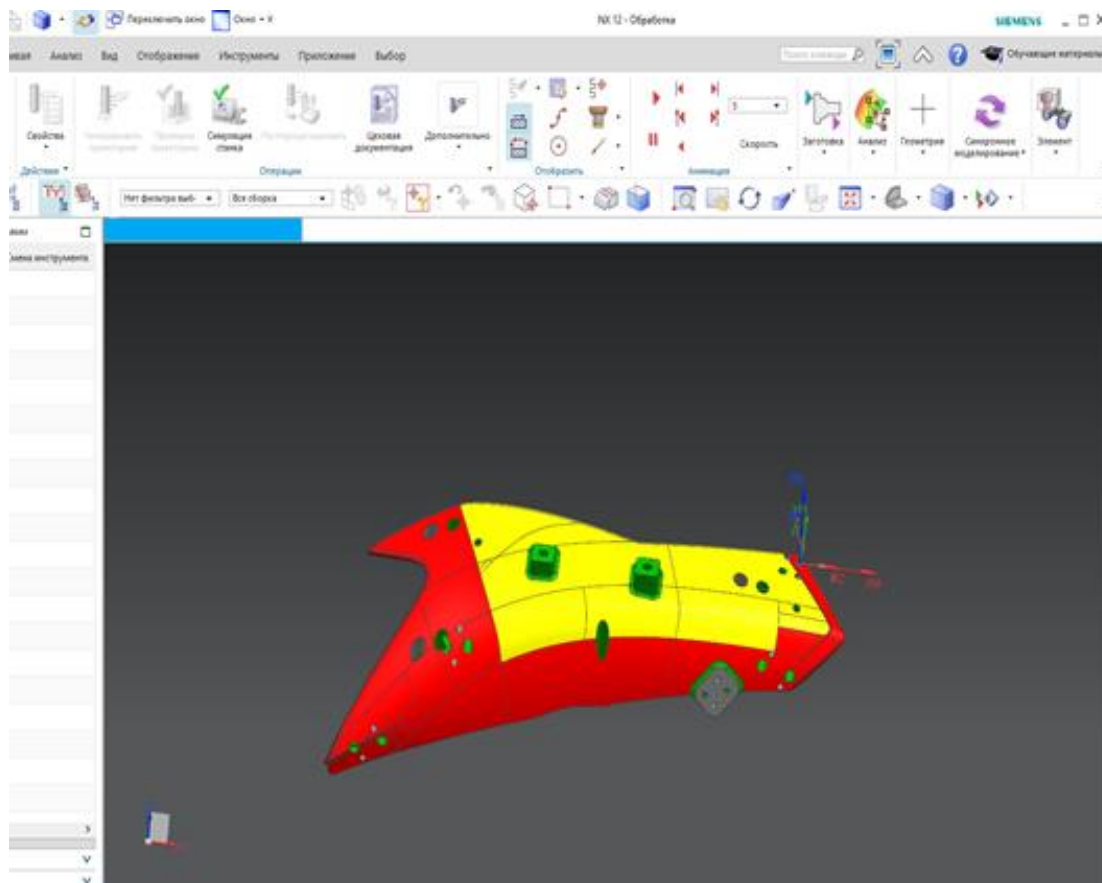


Рисунок 28 – Обработка в Siemens NX

Были сгенерированы следующие управляющие программы:

- программа № 1 – черновая обработка наружной плоскости;
- программа № 2 – черновая обработка внутренней плоскости;
- программа № 3 – чистовая обработка внутренней плоскости;
- программа № 4 – чистовая обработка наружной плоскости.

Для изготовления электрода разрабатывается отдельная УП. Электрод в дальнейшем используется при электроэрозионной обработке хвостовой части калибра.

Управляющие программы в Siemens NX состоят из «подпрограмм». На рисунке 29 будут показаны режимы резания первой подпрограммы.

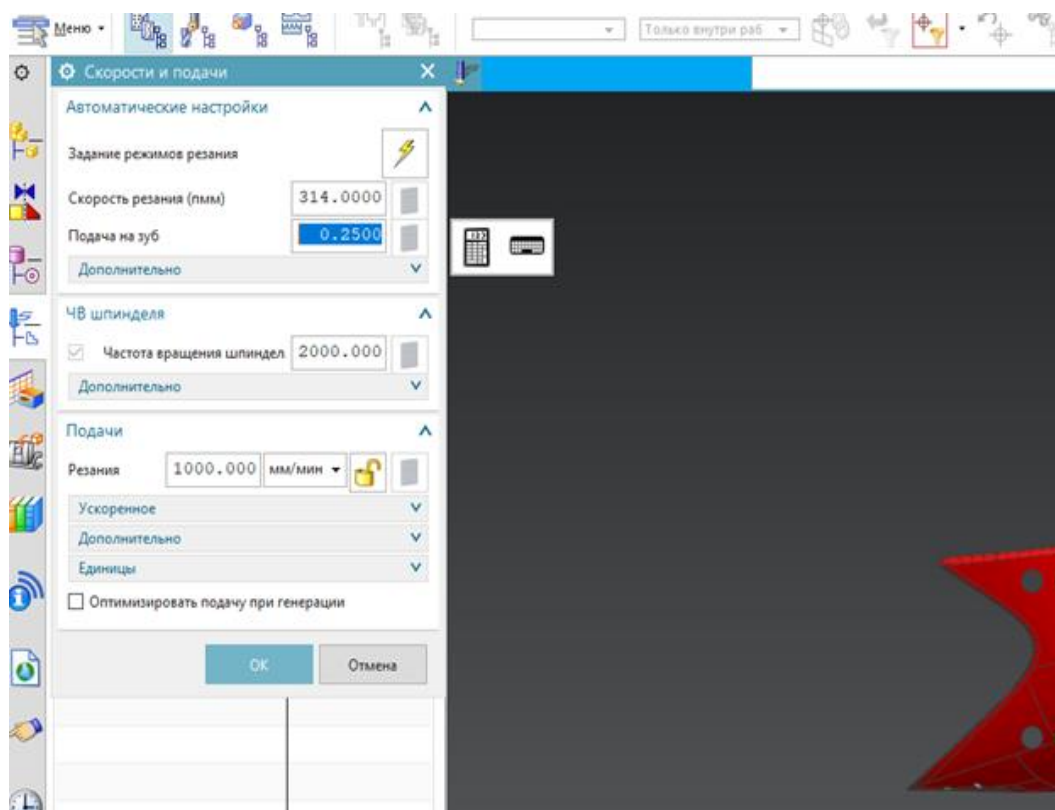


Рисунок 29 – Режимы резания

В таблице 3 показаны режимы резания для УП № 1 – черновая обработка наружной плоскости.

Таблица 3 – Режимы резания для УП №1

№ под- программы	Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин	Подача на зуб	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин
101	1	314	0,25	2000	1000
102	0,5	314	0,25	2000	1000
103	0,5	125	0,175	2000	700
104	0,5	125	0,175	2000	700

В таблице 4 показаны режимы резания для УП № 2 – черновая обработка внутренней плоскости.

Таблица 4 – Режимы резания для УП №2

№ под- программы	Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин	Подача на зуб	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин
201	1	314	0,25	2000	1000
202	0,5	125	0,175	2000	700
203	0,5	125	0,175	2000	700
204	0,5	125	0,175	2000	700

В таблице 5 показаны режимы резания для УП №3 – чистовая обработка внутренней плоскости.

Таблица 5 – Режимы резания для УП №3

№ под- программы	Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин	Подача на зуб	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин
301	1	251	0,175	2000	700
302	0,5	125	0,15	2000	600
303	0,4	125	0,15	2000	600
304	0,3	75	0,1	2000	400
305	0,3	75	0,1	2000	400
306	0,3	100	0,15	2000	600
307	0,19	100	0,15	2000	600
308	0,19	100	0,15	2000	600
309	0,15	100	0,15	2000	600
310	0,15	100	0,15	2000	600
311	0,15	125	0,15	2000	600
312	0,15	125	0,15	2000	600
313	0,15	100	0,15	2000	600
314	0,12	75	0,125	2000	500
315	0,2	75	0,1	2000	400
316	0,2	75	0,1	2000	400
317	0,1	75	0,125	2000	500
318	0,1	75	0,125	2000	500

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
319	0,1	75	0,125	2000	500
320	0,1	50	0,0625	2000	250
321	0,1	37	0,0625	2000	250

В таблице 6 показаны режимы резания для УП №4 – чистовая обработка наружной плоскости.

Таблица 6 – Режимы резания для УП №4

№ под- программы	Глубина резания, мм	Скорость резания, м/мин	Подача на зуб	Частота вращения шпинделя, об/мин	Подача, мм/мин
401	1	251	0,15	2000	600
402	0,4	251	0,15	2000	600
403	0,2	50	0,0625	2000	250
404	0,2	62	0,1823	1645	600
405	0,2	100	0,175	2000	700
406	0,2	50	0,1	2000	400
407	0,2	100	0,175	2000	700
408	0,2	100	0,175	2000	700
409	0,2	50	0,1	2000	400

Далее описаны инструмент и оснастка, используемые при изготовлении калибра.

3.4 Описание применяемых инструмента и оснастки при изготовлении детали «Калибр»

«Фрезы – режущие инструменты, обычно используемые на фрезерных станках или обрабатывающих центрах для выполнения операций фрезерования» [37]. Применяемые фрезы будут перечислены ниже.

«Оправки являются оснасткой для фрезерного станка и предназначены для передачи вращающего момента шпинделя инструменту. Они

В УП №1 для подпрограмм № 101 и № 102 применяется торцевая фреза WRC 12050 RS [28], а для подпрограмм №103 и № 104 применяется концевая фреза WRCX08020EM [14]. На рисунке 30 показан эскиз фрезы WRC 12050 RS, а в таблице 7 будут показаны характеристики данной торцевой фрезы.

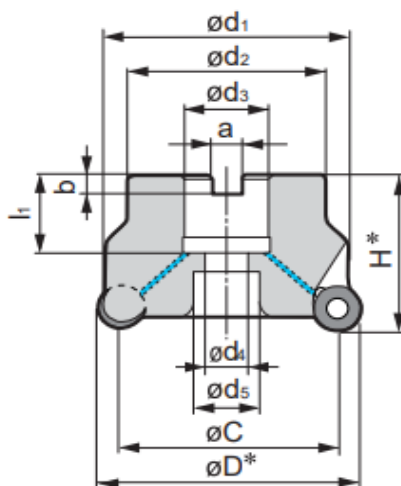


Таблица 7 – Характеристики торцевой фрезы WRC 12050 RS

Параметр	Значение
φD^*	50
φC	38
1	2
φd_1	46
φd_2	40
H	40
a	10,4
b	6,3
φd_3	22
φd_4	11
φd_5	18
L_1	20
Z	4

На рисунке 31 представлен эскиз концевой фрезы WRCX08020EM.

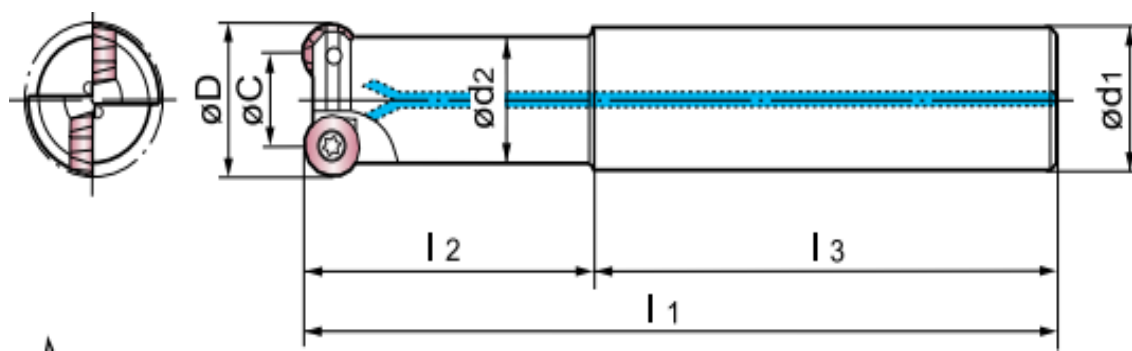


Рисунок 31 – Эскиз концевой фрезы WRCX08020EM

В таблице 8 показаны характеристики фрезы WRCX08020EM.

Таблица 8 – Характеристики концевой фрезы WRCX08020EM

Параметр	Значение
$\varnothing D$	20
$\varnothing C$	12
$\varnothing d_1$	20
$\varnothing d_2$	18
L_1	180
L_2	100
L_3	80
Z	2

В УП № 2 для подпрограммы № 201 применяется фреза торцевая WRC 12050 RS, для подпрограмм № 202 и № 204 применяется торцевая фреза WRCX08020EM с оправкой $\varnothing 80 \times 60$ мм. Для подпрограммы № 203 применяется концевая фреза 2237-0020-03 с оправкой $\varnothing 80 \times 60$ мм.

Характеристики фрез WRC 12050 RS и WRCX08020EM были ранее описаны в таблицах 7-8 соответственно, а эскиз и характеристики концевой цельной твердосплавной фрезы 2237-0020-03 (для фрез 2237) будут показаны на рисунке 32 и в таблице 9 соответственно.

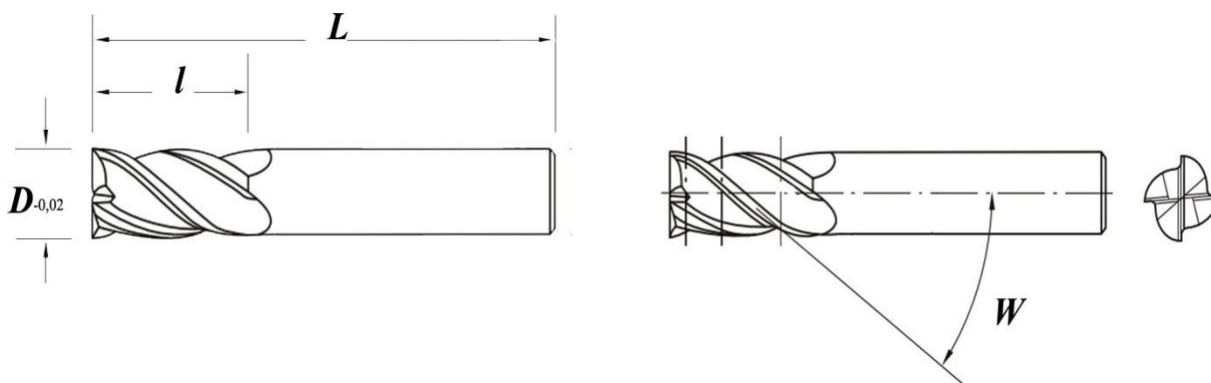


Рисунок 32 – Эскиз концевой фрезы

В таблице 9 будут показаны характеристики данной фрезы.

Таблица 9 – Характеристики концевой фрезы (2237)

Параметр	Значение
$D_{-0,02}$	20
l	30
L	150
Z	2
W	30°

Согласно карте наладки № 3 для подпрограммы № 301 применяется торцевая фреза WRC 12040 RS с оправкой BIG DV50 HMC42-1505 ($\varnothing 99 \times 80$ мм) [35]. Для подпрограммы № 302 применяется торцевая фреза WRCX08020EM с оправкой BIG HMC32-50M ($\varnothing 80 \times 60$ мм). Для всех остальных подпрограмм применяются одностипные концевые фрезы с разными размерами и с разным количеством зубьев. Их характеристики будут описаны в таблице 11.

На рисунке 33 показан эскиз торцевой фрезы WRC 12040 RS [28].

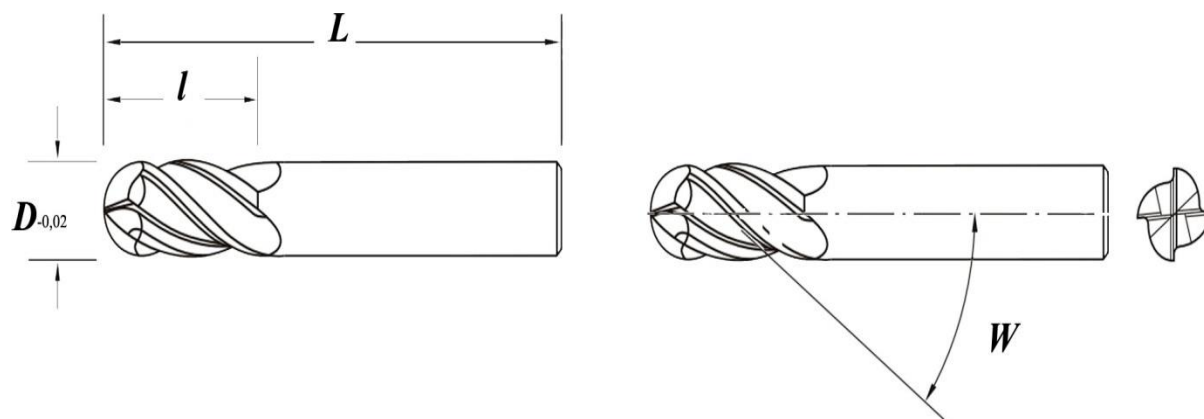


Рисунок 34 – Эскиз концевых сферических цельных твердосплавных фрез (2236)

В таблице 11 показаны характеристики типовых концевых фрез (согласно карте наладки для УП № 3).

Таблица 11 – Характеристики концевых фрез (для УП № 3)

Фреза	Параметры					
	$D_{-0,02}$	$R_{-0,01}$	l	L	Z	W
2236-0020-03	20	10,0	30	150	2	30
2236-0012-01	12	6,0	18	110	2	30
2236-0020-04	20	10,0	30	150	4	30
2237-0020-03	20	-	30	150	2	30
2237-0020-04	20	-	30	150	4	30
2236-0012-02	12	6,0	18	110	4	30
2236-0008-02	8	4,0	12	110	4	30
2236-0006-02	6	3,0	9	110	4	30

В УП № 4 для подпрограммы № 401 применяется торцевая фреза WRC 12040 RS с оправкой BIG DV50 HMC42-1505 ($\varnothing 99 \times 80$ мм) [35]. Для всех остальных подпрограмм применяются концевые фрезы. Их характеристики будут показаны в таблице 12.

Таблица 12 – Характеристики концевых фрез (для УП №4)

Фреза	Параметры					
	D-0,02	R-0,01	l	L	Z	W
2236-0020-01	20	10,0	30	110	2	30
2236-0008-01	8	4,0	12	110	2	30

Согласно технологическому процессу изготовления калибра, представленному в приложении А, после механической обработки выполнялись замеры детали на координатно-измерительной машине (операция 180). Согласно карте замеров, та часть калибра (корпус калибра кроме хвостовой части), которая обработана на фрезерных станках с ЧПУ, попала в допуск размеров. Соответственно, можно сделать вывод о том, что управляющие программы (УП) на станки ЧПУ разработаны правильно (описаны в пункте 3.3), инструмент выбран правильно (описан в пункте 3.4).

Далее будут даны предложения по внесению изменений в технологический процесс.

3.5 Предложения по внесению изменений в технологический процесс изготовления детали «Калибр»

Исходя из карты замеров, представленной в разделе 2, отклонения от допуска были в той части наружной поверхности корпуса калибра, которая обрабатывалась на электроэрозионном станке. На рисунке 35 будет представлен технологический эскиз электроэрозионной обработки.

«Электроэрозионная обработка – обработка, заключающаяся в изменении формы, размеров, шероховатости и свойств поверхности электропроводящей заготовки под действием электрических разрядов, возникающих между заготовкой и электродом-инструментом [32]».

«Электроэрозионные станки являются одними из ключевых инструментов в современной металлообработке. Эти машины предназначены

для высокоточной обработки сложных металлических изделий, где традиционные методы механической резки (сверление, фрезерование, токарные операции) могут оказаться недостаточно эффективными или невозможными» [33].

«Такой вид обработки подразумевает изменение формы, размера, структуры и свойств поверхности электропроводной заготовки. Изменения появляются из-за воздействия электрических зарядов, которые возникают между электродом и самим металлом» [33].

Выставка детали на станке по осям X,Y выполняется в сборе с оснасткой согласно рисунка 35 по одному базовому отверстию (штифтовому) Ø8H7. Оператор выполняет базирование по оси X по торцу плиты, так как на чертеже отсутствует привязка ко второму базовому отверстию (штифтовому) Ø8H7. Отверстия для установки опорных стоек на монтажной плите могли быть выполнены с отклонением (с разворотом), соответственно для точной базировки необходимо на чертеже обозначить второе базовое отверстие (штифтовое) Ø8H7.

Оператор устанавливает деталь в сборе с оснасткой на станок согласно карте наладки на прожиг электродом, осуществляет базирование по одному штифтовому отверстию Ø8H7 и торцу монтажной плиты.

При выставке детали в сборе с оснасткой на станке по осям X,Y согласно рисунку 38 базирование осуществляется по двум базовым отверстиям (штифтовым) Ø8H7. Данные отверстия обозначены на карте наладки для прожига электродом. Оператор станка будет осуществлять базирование по двум базовым отверстиям (штифтовым), соответственно сохранится единство технологических баз при механической и электроэрозионной обработке, и это исключает ошибку при базировании детали в сборе с монтажной плитой на станке.

Во избежание электроэрозионной обработки детали такого типа следует обрабатывать на 5-осевых станках или на станках с возможностью обработки 3+2, то есть это трех-осевая обработка с добавлением наклонно-поворотных

цапф и поворотного стола для облегчения перемещения по двум дополнительным осям [24].

На рисунке 36 будет показана 3D-модель электроэрозионной обработки, а на рисунке 37 будет показана 3D-модель электрода.

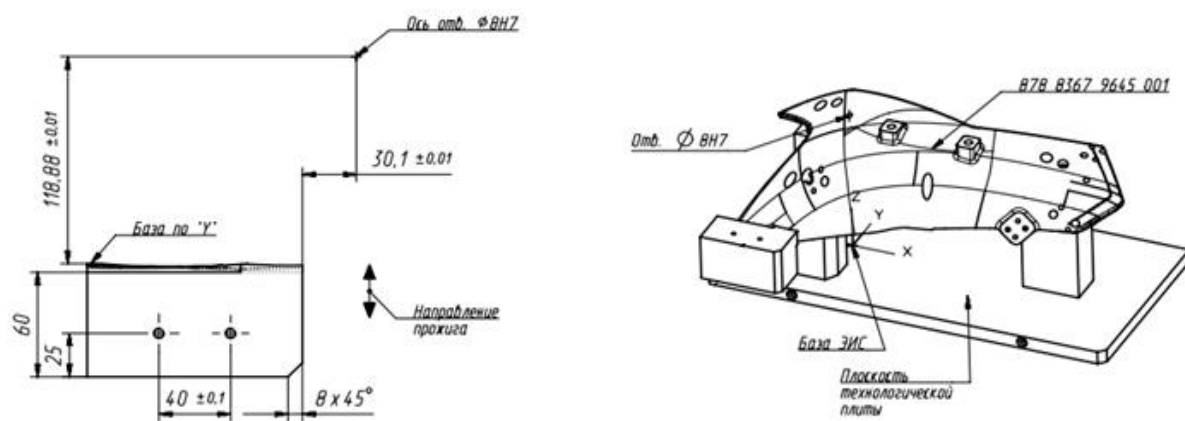


Рисунок 35 – Технологический эскиз электроэрозионной обработки

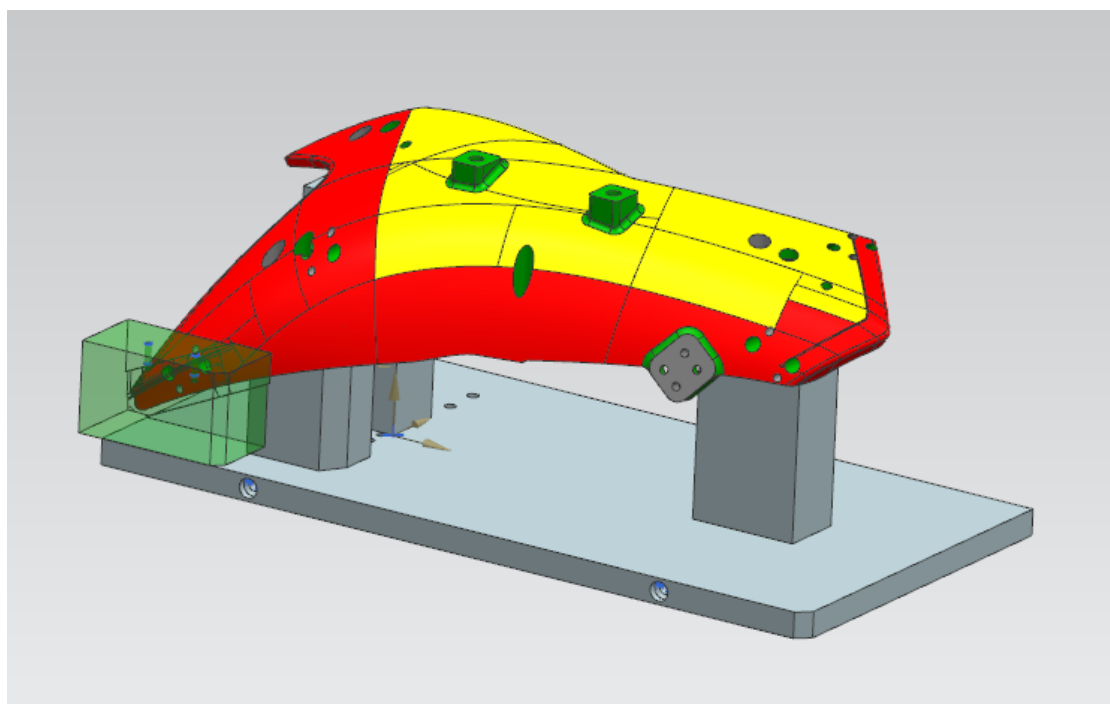


Рисунок 36 – 3D-модель электроэрозионной обработки

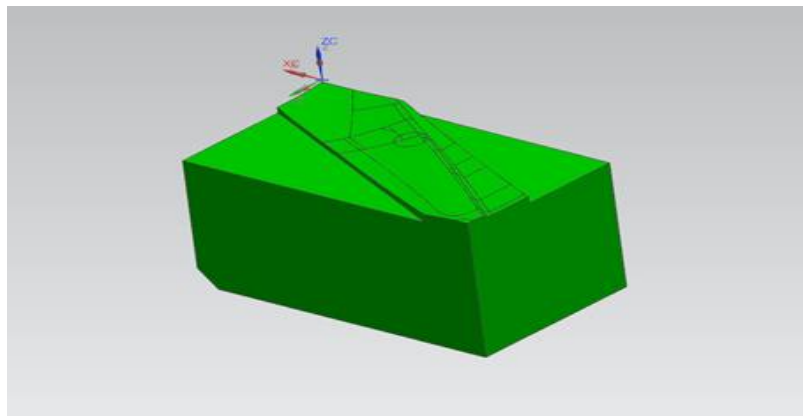


Рисунок 37 – 3D-модель электрода

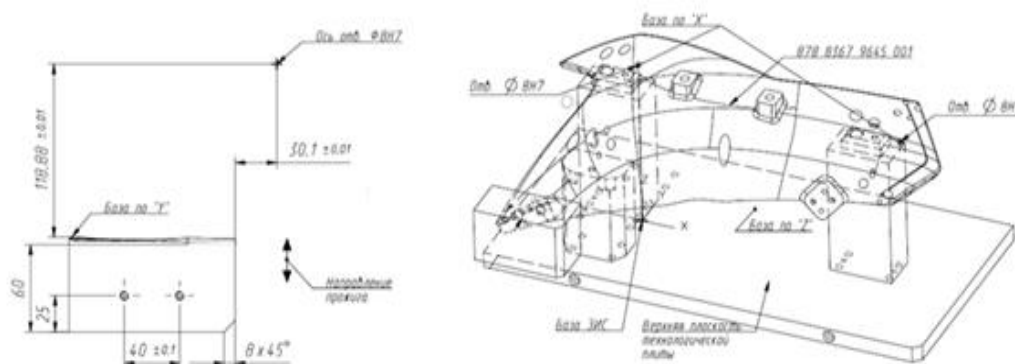


Рисунок 38 – Технологический эскиз электроэрозионной обработки с соблюдением технологических баз

Выводы по разделу: в данном разделе было представлено изготовление калибра (3D-модели заготовки после различных видов обработки), смоделировано статическое напряженно-деформированное состояние кронштейна из сборочной детали – «Калибр в сборе», представлены и описаны инструмент и оснастка, которые используются при изготовлении калибра, представлены технологический эскиз и 3D-модель электроэрозионной обработки, 3D-модель электрода, и определена причина, по которой несколько контрольных точек калибра (раздел 2 – карта замеров: лист № 2) не попали в допуск размеров, и показано решение данной проблемы.

4 Сравнение различных технологических процессов изготовления калибров

4.1 Анализ аналогичного калибра

«В настоящее время во всех ведущих отраслях машиностроения все в больших масштабах применяют высокоэнергетические и комбинированные методы обработки материалов. Эти методы развиваются быстрыми темпами не только в силу своей относительной молодости, наличия задела ещё не реализованных идей и возможностей, универсальности используемых энергоносителей, но и главным образом благодаря развитию современного машиностроения» [13].

Технологический процесс изготовления калибра механической обработкой представлен в приложении А. Технологические эскизы представлены в третьем пункте.

Для сравнения возьмем аналогичный калибр, который был изготовлен с помощью литья и механической обработки (чистовое фрезерование).

«Литьё металлов – процесс создания металлических деталей путём заливки расплавленного металла в специально изготовленные формы» [16].

«Отливка алюминия – процесс производства заготовок путём заполнения необходимой формы жидким металлом или сплавом» [16].

На рисунке 39 будет показан эскиз аналогичного калибра.

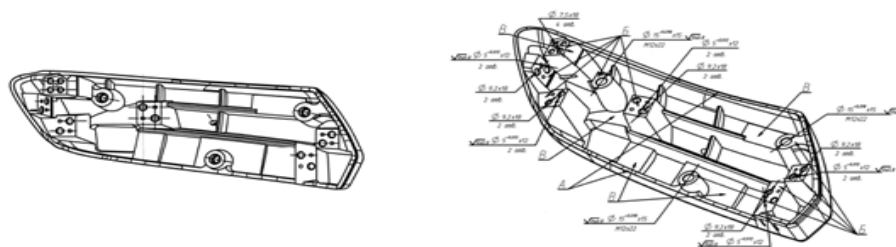


Рисунок 39 – Эскиз калибра, изготовленного методом литья алюминия и механической обработкой

Данный калибр, представленный на рисунке 39, выполняет такие же функции, как и исследуемый калибр.

На рисунках 40 и 41 показан пример отливки (внутренняя и внешняя стороны), получаемой после литья.



Рисунок 40 – Отливка (внутренняя сторона)



Рисунок 41 – Отливка (внешняя сторона)

Минусами отливки являются большая шероховатость, низкая точность размеров, отсутствие технологических баз, наличие скрытых дефектов, которые будут видны после чистовой обработки (основным дефектом являются раковины, которые потом необходимо устранять с помощью эпоксидной смолы на слесарном участке).

Далее будет описан технологический процесс изготовления калибра методом литья с последующей механической обработкой.

4.2 Описание ТП изготовления детали «Калибр» методом литья с последующей механической обработкой

«Литьевая форма – изделие, используемое в термопластавтоматах для изготовления различных деталей из пластика, металла, резины. Пресс-форма может предназначаться для выпуска одной или нескольких деталей одновременно» [17].

«Литьевые формы состоят из неподвижных матриц и подвижных пуансонов, имеющих внутри полость для формирования заготовок. Материал внутрь формы подаётся с помощью литниковых систем, которые бывают холодноканальные, горячеканальные и комбинированные. В некоторых конструкциях форм возможна установка закладных деталей» [17]. На рисунке 42 показана литьевая форма.



Рисунок 42 – Литьевая форма

В данном случае литье происходит в песчаную форму.

На изготовление отливки требуется время на разработку конструкторской и технологической документации отливки, приготовление формовочной смеси, изготовление модели, сборка формы, процесс литья, получение отливки, ее термообработка, замеры в службе контроля качества и доработка отливки. Отливка (неготовая деталь) с припуском под чистовую обработку (так как деталь «Калибр» – точная, значит литье без припуска под чистовую обработку не допускается). Также в этой отливке необходимо будет выполнить все отверстия согласно чертежу и площадки (заготовка с помощью этих площадок будет «опираться» на стойки, которые будут закреплены в монтажной плите при чистовой обработке наружной плоскости детали «Калибр»). После выполнения чистовой обработки деталь везут в лабораторию СКК на замеры.

В таблице 14 показан технологический процесс чистовой обработки полученной отливки.

Таблица 14 – Технологический процесс чистовой обработки отливки

Номер операции	Наименование операции	$T_{пз}$, ч	$T_{шт}$, ч
005	Слесарная	0	2
010	Слесарная	0	0
015	Фрезерная ЧПУ	2,5	9,2
020	Фрезерная ЧПУ	2,5	27,2
025	Фрезерная 3D ЧПУ	2,5	17,6
030	Фрезерная 3D ЧПУ	2,5	24
035	Фрезерная ЧПУ	2,5	29,8
040	Электроэрозионная	1,5	1,8
045	Контроль	0	0
050	Слесарная	0,25	12,7

Согласно данному технологическому процессу получается, что $T_{пз}$ составило 14,25 часа, а $T_{шт}$ составило 124,3 часа. Это время на механическую обработку отливки (то есть время только на чистовую обработку) и доработку дефектов на слесарном участке. Также к этому времени необходимо

прибавить время на изготовление отливки – 504 часа. Суммарное время изготовления равно 628,3 часа.

То есть, если брать изготовление данного калибра, то получается следующее [12]:

- разработка конструкторской и технологической документации на отливку;
- изготовление модели детали согласно разработанным чертежам;
- приготовление формовочной смеси;
- формовка и сборка формы;
- литье металла;
- получение отливки, отрезка литников;
- замеры в службе контроля качества;
- термообработка;
- замеры в службе контроля качества;
- доработка полученной отливки;
- замеры в службе контроля качества;
- разработка технологической документации и разработка управляющих программ на станки с ЧПУ;
- механическая обработка отливки;
- замеры в службе контроля качества;
- доработка калибра;
- сборка калибра;
- замеры в службе контроля качества калибра в сборе;
- доработка (если нужно);
- замеры калибра в сборе после доработки;
- составление паспорта на калибр.

Ранее на эту тему была написана статья – приложение В.

Выводы по разделу: в данном разделе был описан технологический процесс изготовления детали «Калибр» методом литья и последующей

механической обработкой. Также посчитано время на чистовую обработку.

Согласно данным из приложения А, $T_{пз}$ составило 27,7 часа, а $T_{шт}$ составило 195,2 часа на изготовление калибра механической обработкой.

Согласно данным из данного раздела, $T_{пз}$ составило 14,25 часа, а $T_{шт}$ составило 124,3 часа на чистовую обработку и последующие доработки отливки. Время на изготовление отливки – 504 часа, которое также необходимо учитывать при выборе способа изготовления калибра. Суммарное время изготовления калибра комбинированным способом – 628,3 часа.

Также следует учитывать, что изготовление отливки проходит в одном производстве, затем термообработка в другом производстве, и механическая обработка полученной отливки в третьем. Это очень затратный и трудоемкий процесс.

Сравнивая два метода изготовления деталей «Калибр», можно сделать вывод о том, что эффективнее первый способ (технологический процесс изготовления калибра механической обработкой). Второй вариант (литье с последующей обработкой) позволяет уйти от черновой обработки.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

5.1 Пожарная безопасность

В настоящее время процесс производства в машиностроении постоянно находится на стадии эволюции. Все больше функций вместо людей стали выполнять автоматизированные станки (станки с числовым программным управлением (ЧПУ)). При работе на всевозможных станках необходимо четко соблюдать инструкцию по безопасности. Кроме того, в процессе производства в машиностроении используется сырье, которое представляет собой горючий материал. При пожаре, возможно возгорание полуфабрикатов, сырья, готовой продукции и нанесение вреда здоровью работающего персонала, повреждение производственных и других объектов машиностроительного предприятия. Пожары причиняют огромный вред производству, поэтому важно их недопущение. На рисунке 43 показан пожар на одном из производств компании АО АВТОВАЗ, который произошел 8 сентября 2024 года.



Рисунок 43 – Пожар на производстве АО АВТОВАЗ

В данной работе объектом исследования является технологический процесс изготовления детали «Калибр» для передних фар. Данный объект характеризуется техническим паспортом, приведенным в таблице 15.

Таблица 15 – Технический паспорт технологического процесса

Номер операции	Технологическая операция	Наименование должности работника, выполняющего технологическую операцию	Оборудование и инструменты	Материалы
005	Контроль	Контроллер	Микрометр	Заготовка
010	Контроль	Контроллер	Микрометр	Заготовка
015	Заготовительная	Фрезеровщик	Фрезерный станок	Заготовка
020	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной и механизированный инструмент	Заготовка
025	Расточная	Расточник	Горизонтально-расточной станок	Заготовка
030	Плоско-шлифовальная	Шлифовщик	Плоско-шлифовальный станок	Заготовка
035	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
040	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
045	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
055	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
060	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Заготовка
065	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Заготовка
070	Кругло-шлифовальная	Шлифовщик	Кругло-шлифовальный станок	Заготовка
075	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
080	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Заготовка
085	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
090	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
095	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
0100	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5
0105	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
0110	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной и механизированный инструмент	Заготовка
0115	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
0120	Контроль	Контроллер	Микрометр	Заготовка
0125	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
0130	Контроль	Контроллер	Микрометр	Заготовка
0135	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной и механизированный инструмент	Заготовка
0140	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной и механизированный инструмент	Заготовка
0145	Фрезерование 3D ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
0150	Контроль	Контроллер	КИМ	Заготовка
0155	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Заготовка
0160	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной и механизированный инструмент	Заготовка
0165	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Заготовка
0170	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Заготовка
0175	Фрезерование ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка
0180	Контроль	Контроллер	Микрометр	Заготовка
0185	Электро-эрозионная	Оператор станка	Электро-эрозионный станок	Заготовка
0190	Контроль	Контроллер	КИМ	Калибр
0195	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Калибр
0200	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Калибр
0205	Координатно-графическая	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Калибр
0210	Фрезерование 3D ЧПУ	Оператор станка с ЧПУ	Фрезерный станок с ЧПУ	Калибр
0215	Контроль	Контроллер	КИМ	Калибр
0220	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Калибр
0225	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной и механизированный инструмент	Калибр
0230	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Калибр
0235	Слесарная	Слесарь МСР	Ручной инструмент	Калибр

В таблице 15 был приведен технический паспорт объекта, приведены должности рабочих, выполняющих технологические операции, а также показано оборудование и инструменты, которыми пользуются рабочие при выполнении технологических операций рассматриваемого технологического процесса.

5.2 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

В таблице 16 показаны опасные факторы пожара, сопутствующие проявления опасных факторов пожаров, определен класс пожара для рассматриваемого технологического процесса на каждом виде мехобработывающего оборудования (плоскошлифовальный станок, круглошлифовальный станок, фрезерный станок, фрезерный станок с ЧПУ, горизонтально-расточной станок, электроэрозионный станок) согласно техническому паспорту исследуемого объекта (таблица 15).

Таблица 16 – Опасные факторы пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Шлифовальный участок	Плоско-шлифовальный станок, кругло-шлифовальный станок	Пожар класса D	«Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения» [6]	«Опасные факторы взрыва, возникающие вследствие произошедшего пожара; негативные термохимические воздействия, используемых при пожаре огнетушащих средств, на предметы и людей; вынос высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования и иного имущества» [6]

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
				«Образующиеся радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества» [6]
Фрезерный участок	Фрезерный станок, фрезерный станок с ЧПУ, горизонтально-расточной станок	Пожар класса D	«Пламя и искры; повышенная температура окружающей среды; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости; повышенная концентрация продуктов горения» [6]	«Образующиеся радиоактивные и токсичные вещества, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества» [6]

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
				«Опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара; негативные термохимические воздействия, используемых при пожаре огнетушащих средств, на предметы и людей; вынос высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования и иного имущества» [6]
Электро-эрозионный участок	Электро-эрозионный станок	Пожар класса D	«Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения» [6]	«Образующиеся радиоактивные и токсичные вещества, попавшие в окружающую среду из разрушенных пожаром технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества» [6]

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
				«Опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара; негативные термохимические воздействия, используемых при пожаре огнетушащих средств, на предметы и людей; вынос высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования и иного имущества» [6]

Далее разработаны технические средства и организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

5.3 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта

Исходя из определенных в таблице 16 опасных факторов пожара и сопутствующих проявлений опасных факторов пожаров необходимо выбрать технические средства обеспечения пожарной безопасности. Они будут приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Стационарные установки пожаротушения	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные связи сигнализация и оповещение
Огнетушители: ОВП - 10, ОП - 100, ОВП - 100	Автоматические установки пожаротушения,	Пожарный щит класса ЦП-А	Противогазы и респираторы	Лопаты, топоры, ломы, крюки, гидравлические ножницы, домкраты дверные, лебедки, пневматические и гидравлические домкраты	Специальные системы оповещения пожаров, автоматические извещатели

Также необходимо разработать и предложить организационно – технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности с учетом особенностей и типа реализуемого технологического процесса. Они приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технологического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Фрезерный станок	Обучение рабочих правилам пожарной безопасности, инструктаж рабочих	Противопожарные тренировки; персонал обучен действиям при возникновении пожара
Горизонтально-расточной станок	Обучение рабочих правилам пожарной безопасности, инструктаж рабочих	Противопожарные тренировки; персонал обучен действиям при возникновении пожара
Фрезерный станок с ЧПУ	Обучение рабочих правилам пожарной безопасности, инструктаж рабочих	Противопожарные тренировки; персонал обучен действиям при возникновении пожара
Плоскошлифовальный станок	Обучение рабочих правилам пожарной безопасности, инструктаж рабочих	Противопожарные тренировки; персонал обучен действиям при возникновении пожара
Круглошлифовальный станок	Обучение рабочих правилам пожарной безопасности, инструктаж рабочих	Противопожарные тренировки; персонал обучен действиям при возникновении пожара
Электроэрозионный станок	Обучение рабочих правилам пожарной безопасности, инструктаж рабочих	Противопожарные тренировки; персонал обучен действиям при возникновении пожара

Пожарная безопасность на предприятиях является критически важным аспектом, который требует постоянного внимания и совершенствования. Пожары на рабочих местах могут приводить к значительным материальным

потерям, травмам и гибели людей, а также серьезным повреждениям инфраструктуры. В связи с этим, соблюдение правил и норм пожарной безопасности должно быть приоритетной задачей для каждого предприятия.

Выводы по разделу: в данном разделе был представлен технический паспорт исследуемого объекта – технологического процесса изготовления детали «Калибр», определены опасные факторы пожара, сопутствующие проявления опасных факторов пожаров и определен класс пожара для рассматриваемого технологического процесса, выбраны технические средства обеспечения пожарной безопасности и разработаны организационно - технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности с учетом особенностей и типа исследуемого технологического процесса.

Заключение

В данной работе в первом разделе была проанализирована исследуемая деталь – «Калибр», была описана классификация деталей такого типа, ее предназначение, ее отличие от шаблона, технологический процесс ее изготовления представлен в приложении А.

Во втором разделе были показаны карты замеров данной детали в лаборатории СКК, представлена координатно-измерительная машина, на которой проводились замеры данной детали, описан принцип замеров на координатно-измерительных машинах.

В третьем разделе были показаны технологические эскизы его изготовления, проведена оценка прочности кронштейна, удерживающего калибр, были показаны управляющие программы в Siemens NX, которые используются при изготовлении калибра, был описан применяемый металлорежущий инструмент, была выяснена причина, из-за которой несколько контрольных точек не попали в допуск согласно картам замеров, которые были представлены во втором разделе, и на основании этого был спроектирован технологический эскиз электроэрозионной операции с соблюдением технологических баз и даны рекомендации по внесению изменений в технологический процесс изготовления калибра.

В четвертом разделе проведено сравнение изготовления деталей типа «Калибр» механической обработкой (первый способ) и литьем алюминия с последующей механической обработкой (второй способ). Сравнивая эти два способа, было определено, что с точки зрения экономической эффективности изготовления деталей такого типа выгоднее первый способ (механическая обработка).

В пятом разделе была проведена оценка пожарной безопасности технологического процесса изготовления калибра.

Все вышеставленные задачи выполнены и цель работы достигнута.

Список используемых источников

1. Автомобилестроение [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Автомобильная_промышленность (Дата обращения: 10.12.2024).
2. Андреев Г.И., Новиков В.Ю., Схиртладзе А.Г. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства. Учебное пособие. / Под ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Высшая Школа, 1999.
3. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник. М.: Инфра-М, 2019.
4. Виды измерений [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/9218176/page:4/> (Дата обращения: 24.11.2024).
5. Вспомогательные конструкторские базы [Электронный ресурс] URL: <https://aviakat.ru/downloads/do/0032.pdf?ysclid=m4k9st8bp181100630> (Дата обращения: 11.12.2024).
6. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб.-метод. пособие. Тольятти.: Издательство ТГУ, 2021. 22 с.
7. ГОСТ 27284-87 [Электронный ресурс] URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294827/4294827362.pdf?ysclid=m3y5z80b2t493346867> (Дата обращения: 24.11.2024).
8. Государственная система обеспечения единства измерений [Электронный ресурс] URL: <https://www.expertnk.ru/docs/libs/gost-r-8.000-2015.pdf?ysclid=m3y68nhrqk312992577> (Дата обращения: 26.11.2024).
9. Калибр (инструмент) [Электронный ресурс] URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Калибр_\(инструмент\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Калибр_(инструмент)) (Дата обращения: 27.11.2023).
10. Классификация и назначение калибров [Электронный ресурс] URL: <https://mekkain.ru/stati/naznachenie-kalibrov.html?ysclid=m3y62yxd5u887944916> (Дата обращения: 24.11.2024).

11. Колесников А.В. «Технологический процесс изготовления калибра»: бакалавр. 15.03.05. Тольятти, 2023 [Электронный ресурс] URL: <http://hdl.handle.net/123456789/27794> (Дата обращения: 27.11.2023).
12. Колесников А.В. «Факторный анализ показателей технико-экономической эффективности технологических процессов изготовления детали типа «Калибр» механической обработкой и с применением комбинированной технологии» [Электронный ресурс] URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article8890> (Дата обращения: 23.11.2024).
13. Комбинированные технологии в машиностроении [Электронный ресурс] URL: <https://masters.donntu.ru/2013/fimm/isaev/library/article5.htm> (Дата обращения: 19.10.2024).
14. Концевые фрезы Sumitomo-каталог [Электронный ресурс] URL: <https://www.metinstrument.ru/cat/Sumitomo%20H%20Korpusnye%20frezy%202012%20RUS.pdf> (Дата обращения: 08.10.2024).
15. Координатно-измерительная машина [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Координатно-измерительная_машина (Дата обращения: 24.11.2024).
16. Литьё металлов [Электронный ресурс] URL: <https://alp-tula.ru/articles/otlivka/> (Дата обращения: 19.10.2024).
17. Литьевая форма [Электронный ресурс] URL: <https://imstech.ru/articles/litevaja-forma/> (Дата обращения: 19.10.2024).
18. Оправки [Электронный ресурс] URL: <https://stankomach.com/okompanii/articles/opravki-dlja-frezernyh-stankov.html> (Дата обращения: 29.11.2024).
19. Основные конструкторские базы [Электронный ресурс] URL: https://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?index=8&tutindex=38 (Дата обращения: 11.12.2024).
20. Основы взаимозаменяемости в машиностроении [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/9879080/> (Дата обращения: 10.12.2024).

21. ПО APM FEM COMPAS [Электронный ресурс] URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/apm/?ysclid=m412ksloyy609644701> (Дата обращения: 24.11.2024).
22. Предел прочности [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Предел_прочности (Дата обращения: 18.11.2024).
23. Предел текучести [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Предел_текучести (Дата обращения: 18.11.2024).
24. Пятиосевая и 3+2 осевая обработка [Электронный ресурс] URL: <https://www.rapiddirect.com/ru/blog/32-vs-5-axis-machining/> (Дата обращения: 11.12.2024).
25. Разработка процесса входного контроля деталей на КИМ – [Электронный ресурс] URL: https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/25339/1/RSVPU_2018_461.pdf?ysclid=m3y73ir2st99932431 (Дата обращения: 24.11.2024).
26. РМГ 29 – 2013 ГСИ «Метрология» [Электронный ресурс] URL: <https://metrcons.ru/upload/iblock/feb/feb4f18a54120293bf0fe6973539d7e4.pdf?ysclid=m3y6cw2egt725081698> (Дата обращения: 26.11.2024).
27. Справочник сталей и сплавов [Электронный ресурс] URL: <https://metal.place/ru/wiki/20/> (Дата обращения: 24.11.2024);
28. Торцевые фрезы Sumitomo: каталог [Электронный ресурс] URL: <https://www.metinstrument.ru/cat/Sumitomo%20G%20Torcevye%20frezy%202012%20RUS.pdf> (Дата обращения: 08.10.2024).
29. Трех-координатная измерительная машина Vento More [Электронный ресурс] URL: <https://www.pover.ru/spravochnik-sredstv-izmerenij/17521-03-mashiny-trehkoordinatnye-izmeritelnye-vento/> (Дата обращения: 24.11.2024).
30. Условие прочности при растяжении-сжатии [Электронный ресурс] URL: <https://promat.ru/sopromat/teoria/uslovie-prochnosti/pri-rastyazhenii-szhatii> (Дата обращения: 24.11.2024).

31. Шаблон [Электронный ресурс] URL: https://cvet-met.com/catalogue/izgotovlenie_shablonov_detaley.html (Дата обращения: 24.04.25).
32. Электроэрозионная обработка [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электроэрозионная_обработка (Дата обращения: 11.12.24).
33. Электроэрозионные станки [Электронный ресурс] URL: <https://caurus-all.com/news/novosti-kompanii/erozionnye-stanki-opisanie-protssesa-obrabotki-i-ikh-preimushchestva/> (Дата обращения: 26.04.25).
34. Эшонкулова М.Н. Обеспечение точности и качества изготовления деталей в машиностроении с помощью контрольных калибров [Электронный ресурс] URL: <file:///D:/LocalData/Y140637/Downloads/obespechenie-tochnosti-i-kachestva-izgotovleniya-detaley-v-mashinostroenii-s-pomoschyu-kontrolnyh-kalibrov.pdf> (Дата обращения: 10.12.2024).
35. BIG DV50 HMC42-1505 [Электронный ресурс] URL: <https://www.bigkaiser.eu/en/products/tool-holders/milling-chucks/new-hipower-milling-chuck/bdv50-hmc42s-135.html> (Дата обращения: 29.11.2024).
36. ISO 10360-2:1994 [Электронный ресурс] URL: <https://www.iso.org/standard/18419.html> (Дата обращения: 24.11.2024).
37. Milling cutter [Электронный ресурс] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Milling_cutter (Дата обращения: 29.11.2024).
38. R 330 CALG - GLEICH Aluminium [Электронный ресурс] URL: <https://gleich.de/en/products/g-al-c330r/> (Дата обращения: 24.11.2024).
39. Siemens NX [Электронный ресурс] URL: https://wikipedia.org/wiki/Siemens_NX (Дата обращения: 29.11.2024).

Приложение А

Технологический процесс

Таблица А.1 – Применяемый технологический процесс

Номер	Название операции	Применяемые режущий инструмент и оборудование	Тпз	Тшт
1	2	3	4	5
0005	Контроль	Универсальный меритель	0,0	0,0
0010	Контроль	Универсальный меритель	0,5	0,5
0015	Заготовительная	Фрезерный отрезной LKN-520 (треньягер)	0,5	2,7
0020	Слесарная	Ручной и механизированный инструмент (РМИ)	0	0,2
0025	Расточная	Горизонтально расточной 2637ГФ1	0,5	4
0030	Плоскошлифовальная	ЗД725	0,5	6
0035	Фрезерование ЧПУ	FDNC 125 Макино	1,5	1,6
0040	Фрезерование ЧПУ	FDNC 125 Макино	1,5	1,5
0045	Фрезерование ЧПУ	FDNC 125 Макино	0,5	2,3
0050	Фрезерование ЧПУ	FDNC 125 Макино	2,5	7,5
0055	Фрезерование ЧПУ	FDNC 125 Макино	0,5	13,5
0060	Слесарная	Ручной инструмент	0,2	0,75
0065	Слесарная	Плита монтажная №1 Винт М10-6GX20.109.05 Штифт 8X20.05	0	0,8
0070	Кругло-шлифовальная	BNU40, ВНУ32А	0,3	0,7
0075	Фрезерование ЧПУ	FDNC 125 Макино	0,5	17,5
0080	Слесарная	Ручной инструмент	0,1	0,65
0085	Фрезерование ЧПУ	WF-3 Бокö	2	2,5
0090	Фрезерование ЧПУ	WF-3 Бокö	1,5	2,2
0095	Фрезерование ЧПУ	WF-3 Бокö	1,5	1,8
0100	Фрезерование ЧПУ	WF-3 Бокö	1	1,65
0105	Фрезерование ЧПУ	WF-3 Бокö	1	2,3
0110	Слесарная	Ручной и механизированный инструмент	0,1	0,95
0115	Фрезерование ЧПУ	FDNC 125 Макино	0,5	39,5
0120	Контроль	Универсальный меритель	0,1	0,3

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А1

1	2	3	4	5
0125	Фрезерование ЧПУ	WF-3 Бокё	1	1,5
0130	Контроль	Универсальный меритель	0,1	0,3
0135	Слесарная	Ручной и механизированный инструмент	0,3	0,6
0140	Слесарная	Ручной и механизированный инструмент	0,1	0,5
0145	Фрезерование 3D ЧПУ	ОЦ(Б)МОД.НМС3000 ЧПУ	2	5,8
0150	Контроль	Универсальный меритель	0,1	0,3
0155	Слесарная	Ручной и механизированный инструмент	0,1	0,5
0160	Слесарная	Ручной и механизированный инструмент	0,1	8,5
0165	Слесарная	Ручной инструмент	0,2	0,45
0170	Слесарная	Ручной инструмент	0,1	0,75
0175	Фрезерование ЧПУ	FDNC 125 Макино	0,5	35,5
0180	Контроль	Универсальный меритель	0,1	0,3
0185	Электроэрозионная	Эл. Эроз. EMS-4. Электрод	0,5	2,5,
0190	Контроль	Контрольно-измерительная машина (КИМ)	2,5	4
0195	Слесарная	Ручной и механизированный инструмент	0,1	7,5
0200	Слесарная	Лента липкая	0,1	0,5
0205	Координатно-графическая	Граф. Станция	0,1	0,5
0210	Фрезерование 3D ЧПУ	ОЦ(Б)МОД.НМС3000 ЧПУ	1,5	7,5
0215	Контроль	Меритель	0,1	0,3
0220	Слесарная	Лента липкая	0,1	0,5
0225	Слесарная	Ручной инструмент	0,1	0,65
0230	Слесарная	Ручной инструмент	0,2	0,35
0235	Слесарная	Ручной инструмент	0,3	4,5

Приложение Б
Оснастка

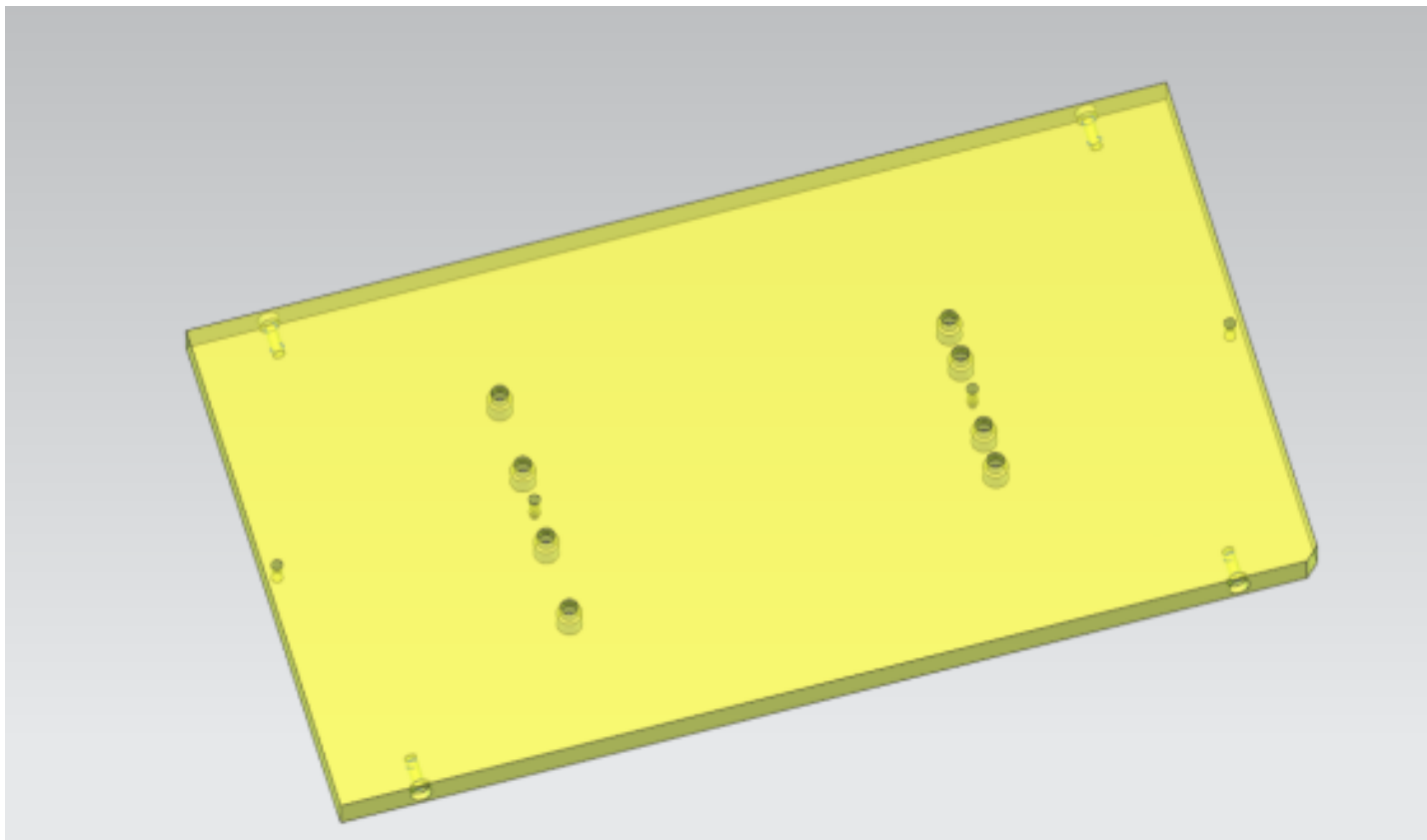


Рисунок Б.1 – 3D-модель монтажной плиты 1

Продолжение приложения Б

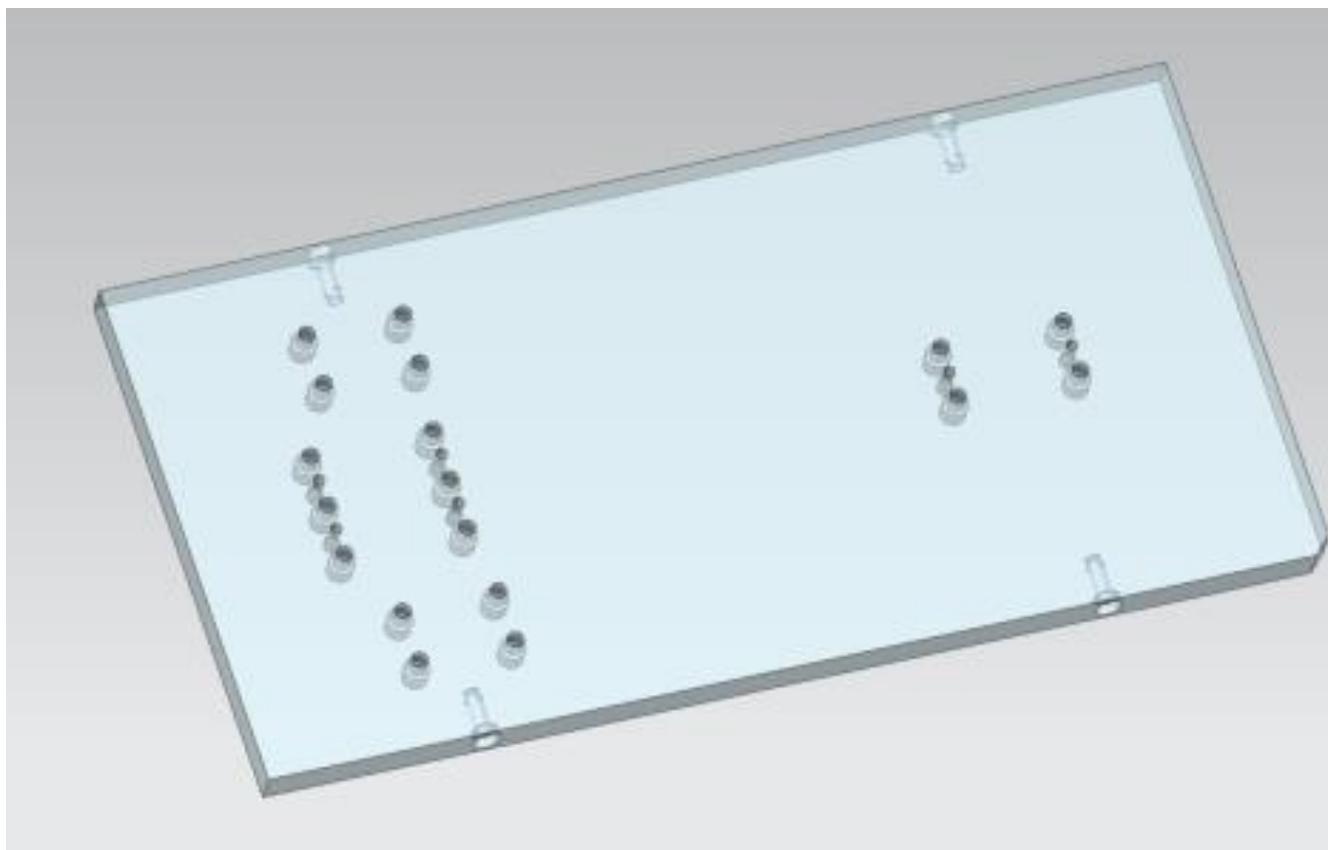


Рисунок Б.2 – 3D-модель монтажной плиты 2

Продолжение приложения Б

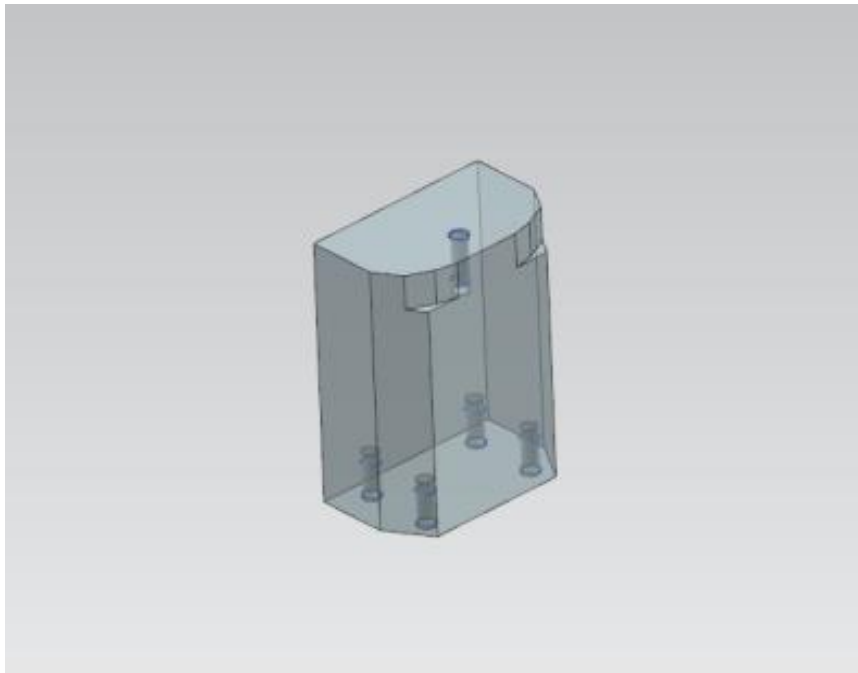


Рисунок Б.3 – 3D-модель стойки 1

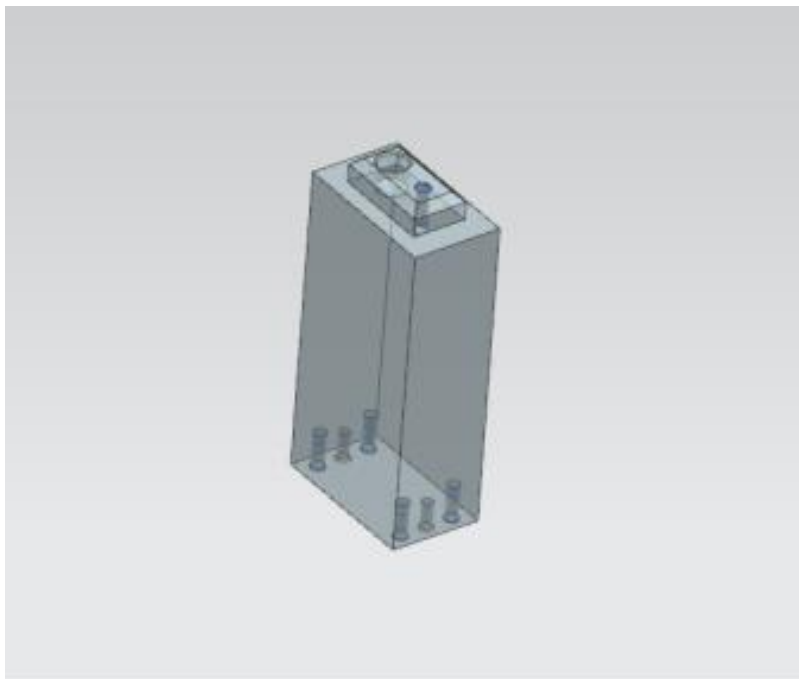


Рисунок Б.4 – 3D-модель стойки 2

Продолжение приложения Б

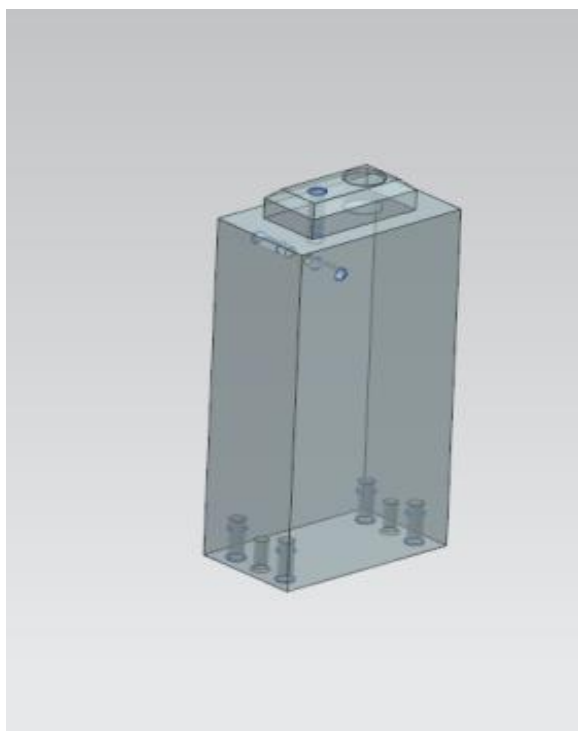


Рисунок Б.5 – 3D-модель стойки 3



Рисунок Б.6 – 3D-модель втулки 1

Продолжение приложения Б

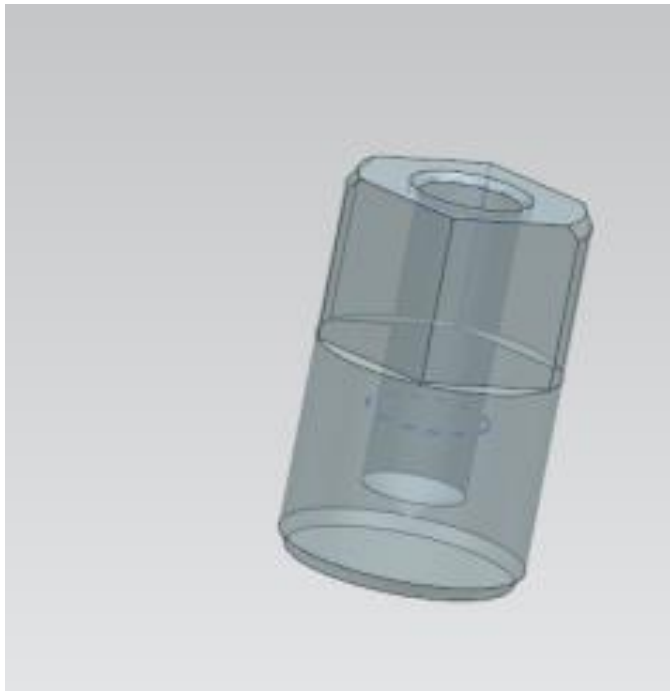


Рисунок Б.7 – 3D-модель втулки 2

Приложение В
Опубликованная статья



Рисунок В.1 - Сертификат о публикации статьи