

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
(СГУГиТ)

---

Кафедра Метрология и технология оптического производства  
(полное название выпускающей кафедры)

Дипломная работа соответствует установленным  
требованиям и направляется в ГЭК для защиты  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ О. В. Минин  
(подпись)

## ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

200107– Технология приборостроения

# РАЗРАБОТКА ГРУППОВОГО ТП ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ «НЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ» НА СТАНКЕ МОДЕЛИ «ЕСОМILL» (ГЕРМАНИЯ)

Выпускник \_\_\_\_\_ Е. В. Баранова  
(подпись)

Руководитель \_\_\_\_\_ П. В. Петров  
(подпись)

Консультанты \_\_\_\_\_ Е. Г. Бобылева  
(подпись)

\_\_\_\_\_ Т. В. Ложкова  
(подпись)

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Е. Ю. Кутенкова  
(подпись)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ.....	6
1.1 Анализ базового технологического процесса изготовления детали типа «Корпус».....	6
1.1.1 Анализ конструкции детали типа «Корпус», как объекта изготовления по базовому ТП.....	6
1.1.2 Анализ исходной заготовки.....	7
1.1.3 Анализ динамики развития базового технологического процесса.....	8
1.1.4 Анализ структуры базового ТП.....	10
1.2 Постановка цели и основных технологических задач.....	12
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	14
2.1 Назначение и основные требования к корпусным деталям.....	14
2.2 Прогрессивная технология, оборудование и механизация металлообработки.....	18
2.3 Выбор и характеристика современного технологического оборудования для разработки вариантов усовершенствованного ТП изготовления детали «Корпус».....	20
2.4 Описание станка модели «VF-2», фирмы «HAAS» (США).....	21
2.5 Описание станка модели «EC-500», фирмы «HAAS» (США).....	26
2.6 Описание станка модели «MU-400VA, фирмы «OKUMA», (Япония).....	34
2.7 Описание вибрационной установки ВУД – 500.....	36
2.8 Разработка усовершенствованного технологического процесса изготовления детали «Корпус».....	38
2.8.1 Описание технологических операций по базовому технологическому процессу.....	40
2.8.2 Описание технологических операций по технологическому процессу с применением HAAS EC-500.....	47
2.8.3 Описание технологических операций по технологическому процессу с	

применением ОСУМА МУ-400VA.....	51
2.8.4 Сравнение вариантов технологического процесса изготовления детали «Корпус» по показателям трудоемкости и стоимости.....	55
3 МОДЕЛЬ СТАНКОВ ЕСОМІLL 450 С ЧПУ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	59
3.1 Характеристика станка ЕСОМІLL.....	59
4 ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	64

## РЕФЕРАТ

Баранова Евгения Владимировна. Разработка группового ТП изготовления деталей «не тел вращения» на станке «EcoMil».

Место дипломирования: Сибирский государственный университет геосистем и технологий, кафедра метрология и технология оптического производства.

Руководитель – к.т.н., доцент СГУГиТ Петров П.В.

2016г., специальность 200107 «Технология приборостроения», квалификация 65 – Инженер.

64 с., 23 табл., 16 рис., 9 источников.

АНАЛИЗ ОПИСАНИЯ БАЗОВОГО ТП, ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ , МЕХАНИЧЕСКИЙ ЦЕХ, СТАНОК, КОРПУС, ТРУДОВОЙ РАСПОРЯДОК, ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

Целью данной дипломной работы является разработка усовершенствованного технологического процесса (ТП) и организация серийного производства детали типа «Корпус» в реальных условиях Новосибирского приборостроительного завода (НПЗ).

## ВВЕДЕНИЕ

Целью данной дипломной работы являлась разработка усовершенствованного технологического процесса (ТП) и организация серийного производства детали типа «Корпус» в реальных условиях Новосибирского приборостроительного завода (НПЗ).

Отсчетной точкой в разработке нового технологического процесса стало наличие прогрессивного оборудования фирмы HAAS (США) в цехе №7, где изготавливалась данная деталь. Новейшее оборудование было приобретено и стало применяться на НПЗ с 2008 года. Актуальной задачей стала загрузка данного оборудования изготовлением. Преимуществом выбора данного оборудования явилась экономия средств на его покупку и запуск в производство.

В рамках исследовательского раздела был выполнен анализ структуры базового ТП, динамики его развития, а также анализ конструкции детали и анализ исходной заготовки.

В конструкторском разделе приведены два варианта усовершенствованного ТП: предпочтительный и перспективный. Второй вариант предполагает применение более совершенного станка фирмы «OKUMA» (Япония), который был приобретен в октябре 2010 и в настоящее время запускается в производство.

Так же нами была разработана планировка цеха, решены вопросы организаций производства и вопросы техники безопасности.

В разделе менеджмента и маркетинга дано обоснование системного подхода к управлению производством.

Данная дипломная работа полностью раскрывает поставленную цель, с наименьшими затратами для реального производства (условия «НПЗ»), дает представление о новейших технологиях в области приборостроения и машиностроения, осуществляет грамотный подход к организации производства, решает вопросы техники безопасности на производстве.

## 1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ

1.2 Анализ базового технологического процесса изготовления детали типа «Корпус»

1.1.1 Анализ конструкции детали типа «Корпус», как объекта изготовления по базовому ТП

В рамках данного исследования представлены к рассмотрению: чертеж детали «Корпус» (см. приложение А), маршрутные и операционные карты исходного технологического процесса изготовления данной детали (см. приложение Б).

Деталь «Корпус», представленная на чертеже (см. приложение А), характеризуется следующими основными показателями:

- габаритные размеры: 167x325x110 мм;
- вес: 1,39 кг;
- материал: алюминиевый сплав марки АК8;
- плотность: 2680 кг/м<sup>3</sup>;
- наличие 20 гладких и 29 резьбовых отверстий;
- наличие ребер жесткости;
- наименьшая шероховатость: Ra1,6 мкм;
- наибольшая точность размеров: 7 квалитет.

Наличие отклонений формы и взаимного расположения:

- от перпендикулярности;
- от параллельности;
- позиционное отклонение.

Данная деталь изготавливалась на «Новосибирском Приборостроительном Заводе» с 1978 года, в данное время деталь снята с производства.

### 1.1.2 Анализ исходной заготовки

Исходная заготовка для данной детали, согласно чертежу, получена точным литьём под давлением, что позволило заготовку максимально приблизить к параметрам детали и избежать потерь материала.

Литьё под давлением способ переработки пластмасс, цветных металлов и других материалов путем впрыска их расплава под давлением в пресс-форму с последующим охлаждением.

Литье под давлением осуществляется путем впрыскивания расплавленного металла в форму где он застывает под давлением от 20 до 1000 атм, что обеспечивает получение низкой пористости металла.

Однако стенки формы подвергаются чрезвычайно высоким тепловым нагрузкам, поэтому в пресс-формах из сталей отливают таким методом сплавы на основе алюминия; цинка; меди.

Литье под давлением изделий из стали возможно только в формы, выполненные из жаропрочных сплавов на основе молибдена. Литье под давлением является рациональным только в серийном массовом производстве из за трудностей изготовления формы и её высокой стоимости.

Литые детали по своей форме должны:

- позволять удобную формовку (требовать минимальное количество стержней и опок, иметь литейные уклоны и технологические отверстия для надежного крепления стержней, по возможности допускать формовку без отъемных частей на модели и т. д.);

- обеспечивать получение доброкачественной отливки (иметь равномерные толщины стенок, не допускать местных скоплений металла, обеспечивать возможность хорошего заполнения формы и возможность свободной усадки);

- обеспечивать удобную последующую механическую обработку иметь удобно расположенные базы для установки на станке, не иметь закалки или отдела обработанных поверхностей, если это не требуется условиями работы детали.

### 1.1.3 Анализ динамики развития базового технологического процесса

Динамику развития технологического процесса (см. приложение Б) (ТП) изготовления любой детали можно выявить в результате анализа заводской маршрутной и операционной документации. Известно, что в такой документации официально фиксируются все текущие исправления в технологии, с указанием дат, Ф.И.О. и подписей тех людей, которые эти исправления совершают.

В нашем случае мы провели исследование структуры и организации ТП изготовления детали «Корпус», результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

28.04.78-03.06.88	С 03.06.88	С 04.01.91
1	2	3
001 Литейная (отливка АЛ32-Д) (4 цех)	001 Литейная (отливка АЛ32-Д) (4 цех)	001 Литейная (отливка АК8М) (4 цех)
005 Фрезерная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
-	<b>Введена 003 Слесарная (7 цех)</b>	003 Слесарная (7 цех)
010 Слесарная (7 цех)	<b>отменена</b>	-
-	<b>Введена 006 Многооперационная(7цех)</b>	006 Многооперационная (7 цех)
-	<b>Введена 008 Слесарная(7 цех)</b>	008 Слесарная(7цех)
-	<b>Введена 015 Многооперационная(7 ц.)</b>	015 Многооперационная (7 цех)
020 Сверлильная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
030 Агрегатная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
035 Слесарная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
040 Токарная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
045 Токарная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
050 Токарная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
055 Фрезерная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
060 Фрезерная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
065 Фрезерная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
070 Слесарная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
075 Сверлильная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
080 Сверлильная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
085 Сверлильная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
	<b>Введена 087 Слесарная</b>	087 Слесарная
	<b>Введена 089 Сверлильная</b>	089 Сверлильная
090 Сверлильная (7 цех)	090 Сверлильная (7 цех)	090 Сверлильная (7 цех)

Продолжение таблицы 1

1	2	3
095 Сверлильная (7 цех)	095 Сверлильная (7 цех)	095 Сверлильная (7 цех)
100 Сверлильная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
105 Сверлильная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
110 Сверлильная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
115 Сверлильная (7 цех)	115 Сверлильная (7 цех)	115 Сверлильная (7 цех)
120 Сверлильная (7 цех)	120 Сверлильная (7 цех)	120 Сверлильная (7 цех)
125 Сверлильная (7 цех)	<b>Отменена</b>	-
127 Сверлильная (7 цех)	127 Сверлильная (7 цех)	127 Сверлильная (7 цех)
130 Резьбонарезная (7 цех)	130 Резьбонарезная (7 цех)	130 Резьбонарезная (7 цех)
135 Резьбонарезная (7 цех)	135 Резьбонарезная (7 цех)	135 Резьбонарезная (7 цех)
140 Резьбонарезная (7 цех)	140 Резьбонарезная (7 цех)	140 Резьбонарезная (7 цех)
145 Резьбонарезная (7 цех)	145 Резьбонарезная (7 цех)	145 Резьбонарезная (7 цех)
150 Резьбонарезная (7 цех)	150 Резьбонарезная (7 цех)	150 Резьбонарезная (7 цех)
155 Слесарная (7 цех)	155 Слесарная (07 цех)	155 Слесарная (07 цех)
160 Промывочная	160 Промывочная	160 Промывочная
165 Контрольная	165 Контрольная	165 Контрольная
170 Отделочная (13 цех)	170 Отделочная (13 цех)	170 Отделочная (13 цех)
175 Сборочная	175 Сборочная	175 Сборочная

Также мы провели исследование изменений каждой отдельной операции с занесением результатов в таблицу 2.

Таблица 2 - Динамика развития отдельных операций ТП

Динамика развития операции 006		
1988 г.	15.03.89	заключение
«Фрезеровать 2 отв. 8»	Удалили и ввели 10 переход «сверлить 2 отв. 8»	Изменения связаны с отработкой на технологичность
Динамика развития операции 015		
1988 г.	29.09.89	заключение
«Сверлить отв. 16 Ø13»	Удалили отв. 16 Ø13	Изменения связаны с отработкой на технологичность
Т 30: Державка АЛ6102-4117	Т 30: Державка АЛ6310-4007	
Резец Ø120 АЛ2131-0001	Резец Ø120 АЛ2120-4000	
Динамика развития операции 090		
02.07.81		заключение
Ввели: «4 отв.Ø4,2 А4 под резьбу М5 сверлить на сборке (для юстировки) »		Изменения связаны с отработкой на технологичность
Динамика развития операции 095		
02.07.81		заключение
Ввели: «4 отв.Ø4,2 А4 под резьбу М5 сверлить на сборке (для юстировки) »		Изменения связаны с отработкой на технологичность

## Продолжение таблицы 2

Динамика развития операции 115		
08.06.88	19.12.88	заключение
Удалили отв. 11 Ø2,5	Кондуктор ДС-1-925 заменили на АЛ7353-5059	Изменения связаны с отработкой на технологичность

### 1.1.4 Анализ структуры базового ТП

- характеристика заготовки: литье под давлением;
- габариты детали: 167x325x110 мм;
- масса детали: 1,39 кг.

Характеристика числа и вида операций в ТП:

Общее количество операций 22, выполненных последовательно, из них:

- 1 заготовительная;
- 4 слесарных;
- 2 многооперационная;
- 6 сверлильных;
- 5 резьбонарезных;
- 1 промывочная;
- 1 контрольная;
- 1 отделочная;
- 1 сборочная.

Характеристика слесарных операций:

Слесарные операции 003, 008, 087, 155 содержат по 1 технологическому переходу с применением напильника и шабера.

Характеристика многооперационных операций.

Многооперационные операции 006, 015 выполняются на станке с ЧПУ МС032.

Операция 006 содержит 10 технологических переходов с применением 5 фрез и 4 сверл.

Операция 015 содержит 13 переходов с применением 4 фрез, 5 резцов, 4

сверл.

Характеристика сверлильных операций.

Сверлильные операции 089, 090, 095, 115, 120, 127 выполняются на сверлильном станке модели «НС-12А» .

Операция 089 содержит 24 технологических перехода с применением 8 сверл.

Операция 090 выполняется с применением кондуктора и содержит 8 технологических переходов с применением сверла и зенкера.

Операция 095 выполняется с применением кондуктора и содержит 8 технологических переходов с применением сверла и зенкера.

Операция 115 выполняется с применением кондуктора и содержит 9 технологических переходов с использованием 2 сверл.

Операция 120 содержит 3 технологических перехода с применением зенкера.

Операция 127 содержит 6 технологических перехода с применением зенкера.

Характеристика резьбонарезных операций.

Резьбонарезные операции 130, 135, 140, 145, 150 выполняются на станке модели «Тиль№ 3» с применением подставки и содержат: 130 операция 4 технологических перехода, 135 операция 5 технологических переходов, 140 операция - 5 технологических переходов ,145 операция 8 технологических переходов. 150 операция -6 технологических переходов.

Все технологические переходы выполняются метчиком.

Характеристика промывочной операции:

Промывочная операция 160 выполняется в ванне с применением раствора МЛ- 51.

Характеристика контрольной операций и контроля в механических операциях ТП.

Контрольная операция 165 содержит 5 технологических переходов, при которых проверяются: внешний вид, наличие заусенцев, острых ребер, соответствие шероховатости поверхности, отклонений размеров, отклонений взаимного расположения поверхностей, проверка документов сопровождающих деталь. Контроль в механических операциях ТП выполняется ОТК 5% .

Выводы и результаты.

Исходная заготовка получена по современной технологии (литьём под давлением), что обеспечивает высокий коэффициент использования материала и малые припуски на обработку резанием.

Велико как общее число операций в ТП (22), так и число станочных операций (13). Уровень автоматизации ТП низок. Только 2 операции из 22-х выполнены на станках с ЧПУ; 4 слесарных операций и одна промывочная выполняются вручную. Основная часть станочных операций (11 из 13) выполняется вращающимися инструментами сверлильных и резьбонарезных станках.

В целом, технологический процесс изготовления детали «Корпус А» (за исключением литейной операции), не соответствует современным требованиям производительной обработки и не использует в полную мощь возможности автоматизированной обработки на станках с ЧПУ.

## 1.2 Постановка цели и основных технологических задач

Цель: Разработать усовершенствованный технологический процесс и организацию серийного производства детали типа «Корпус» в условиях ФГУП «Производственное объединение «Новосибирский приборостроительный завод»

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

- отработать чертеж и конструкцию детали на технологичность;
- разработать варианты ТП изготовления детали «Корпус А», используя станки с ЧПУ фирмы «HAAS» (США) и фирмы OKUMA MU-400VA, в том числе применяемые на Новосибирском приборостроительном заводе.

Оценить варианты ТП с выбором предпочтительного и перспективного.

## 2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Назначение и основные требования к корпусным деталям

Корпусные детали приборов по функциональному назначению делят на две группы: корпуса кожухи и корпуса несущие:

- корпуса кожухи предназначены для защиты механизмов приборов от случайных механических повреждений или воздействий отдельных факторов внешней среды пыли, влаги;

- несущие делятся по размерам, форме и расположению поверхности с небольшой шероховатостью, служащей для монтажа опор чувствительных элементов, передаточных механизмов, различных оптических деталей и сборочных единиц, точность расположения которых должна обеспечиваться как в станке, так и в процессе работы прибора.

Корпусные заготовки изготавливают литыми или сварными. Конструкции литых заготовок (литых или сварных) корпусных деталей должны отвечать требованиям машинной формовки, то есть толщина стенок в разных сечениях не должна иметь резких переходов. Конструкции заготовок корпусных деталей из цветных сплавов должны обеспечивать возможность литься в постоянные механические формы.

Механическая обработка корпусных заготовок сводится главным образом к обработке плоскостей и отверстий, поэтому технологические требования, обуславливающие наименьшую трудоёмкость обработки, определяют следующими основными условиями:

- форма корпусной детали должна быть, возможно, ближе к правильной геометрической форме, например, в поперечном сечении предпочтительнее форма правильного четырёхугольника; форма корпусной детали должна так же предусматривать возможность ее полной обработки от одной базы: от плоскости и двух установочных отверстий на этой плоскости или от базовых отверстий в корпусе;

- обработка плоскости и торцов отверстий по возможности должна выполняться на проход, для чего плоскости и торцы не должны иметь выступов;

- торцам отверстий необходимо придать удобную форму для обработки торцевой фрезой;
- корпусная деталь не должна иметь поверхностей не перпендикулярных осям отверстий;
- точно растачиваемые отверстия не должны иметь внутренних выступов, препятствующих растачиванию на проход; диаметры обрабатываемых отверстий внутри корпусных деталей не должны превышать диаметров соосных им отверстий в наружных стенках деталей;
- в корпусных деталях следует избегать разнообразия отверстий и резьб.

На диаметры основных отверстий задают допуски в пределах 5...8 квалитетов точности.

Допуски на межосевые расстояния основных отверстий и перпендикулярность осей отверстий задают в соответствии с назначением корпусных деталей, например для корпусов зубчатых и червячных передач в пределах 0,04...0,06 мм и выше. Отклонения от соосности принимают в пределах в половины допуска на диаметральных размер соосных отверстий. Основные отверстия обрабатывают с шероховатостью поверхности  $RA=1,6...0,4$  мкм.

Не перпендикулярность торцевых поверхностей корпусных деталей осей отверстий допускают в пределах 0,1... 1,0 мкм на 1 мм радиуса отверстия, эти поверхности обрабатывают с шероховатостью  $RA=3,2...1,6$  мкм. Отклонения от прямолинейности плоских поверхностей устанавливают в пределах 50...200 мкм на 100 мм длины. Поверхности разъема выполняют с шероховатостью поверхности  $RA=3,2..0,8$  мкм.

Для базирования заготовок корпусных деталей совмещают установочную, измерительную и сборочную базы. Для обработки базирующих поверхностей за первичную базу следуют принимать черновые основные отверстия детали, что обеспечивает наиболее равномерное распределение припусков при последующей обработке отверстий. В ряде случаев в качестве первичных баз предусматривают специальные приливы и бобышки.

При совмещенных установочной и измерительных базах не бывает погрешностей базирования и погрешности установки определяют погрешностью закреп-

ления. При переменных базах погрешность базирования определяют построением размерной цепи.

Пространственное отклонение в литых и сварных конструкциях заготовок характеризуют смещением и уходом осей основных отверстий, возникающими при литье или сварке. Кроме того, в процессе механической обработки заготовок, особенно после черновых операций, возникают деформаций от перераспределения внутренних напряжений в связи с удалением верхних слоев материала. Таким образом, пространственные отклонения в процессе механической обработки заготовки представляют собой совокупность остаточность пространственных отклонений заготовки и деформаций, возникающих в процессе ее обработки.

Пространственные отклонения нарушают равномерность удаляемого при обработке слоя металла, влияя на геометрическую форму обработанной поверхности и на размер погрешности. По этому при расчете припусков на обработку заготовок корпусных деталей остаточные пространственные отклонения принимают с коэффициентом, равным двум.

Контроль корпусных деталей заключается в проверке следующих основных параметров:

- размеров и геометрической формы отверстия;
- соосности нескольких отверстий, расположенных в различных стенках корпуса;
- параллельность и перпендикулярность осей отверстий друг относительно друга или относительно других поверхностей;
- глубины пазов и отверстий;
- прямолинейности поверхностей;
- взаимного расположения поверхностей;
- перпендикулярности торцевых поверхностей осям отверстий или другим поверхностям.

Корпусные детали приборов представляют собой базовые детали. В них и на них устанавливаются различные оптические детали и сборочные единицы, точность положения которых должна обеспечиваться как в станке, так и в процессе работы прибора. В соответствие с этим корпусные детали должны иметь требуе-

мую точность, обладать жесткостью и виброустойчивостью, коррозионной стойкостью. При конструктивном наполнении корпусных деталей учитывают требования по материалу в зависимости от служебного назначения деталей в том или ином приборе, с учетом технологических факторов связанных с возможностью получения требуемой конфигурации заготовок, возможности обрабатывания резанием и удобство сборки, которую начинают с базовой корпусной детали. Корпусные детали имеют определенную общность служебного назначения, что означает наличие совокупности одинаковых поверхностей, сторон и что в свою очередь определяется особенностью технических решений, обеспечивающих достижение требуемых параметров точности при изготовлении деталей каждой группы.

Конструкция и размеры корпусов определяются условиями размещения в них необходимых деталей и узлов. Поэтому они имеют стенки, ребра, перегородки или арматуру, обеспечивающие повышение их жесткости. Имеются корпуса с гладкими цилиндрическими поверхностями, протяженность которых превышает их диаметральный размеры. При этом к внутренним цилиндрическим поверхностям предъявляют повышенные требования по точности диаметральных размеров и точности геометрической формы с высокими требованиями по шероховатости. В оптическом приборостроении применяются и корпуса сложной конструкции, т. е. сложной пространственной геометрической формы, с многочисленными отверстиями, пазами, выступами и т. д. У большинства корпусных деталей имеются различные мелкие, средние резьбовые отверстия, предназначенные для крепежа, а также для соединения с другими сборочными единицами. Корпуса в основном изготавливаются из алюминиевых сплавов АЛ2, АЛ4, и т. д., а также из черных металлов - стали и чугуна. Получение из них точных отливок под давлением позволяет значительно уменьшить трудоемкость обработки деталей резанием.

К корпусным деталям предъявляют комплекс технических требований, определяемых функциональным назначением прибора, внешней средой, в которой будет находиться прибор. Соблюдение технических требований означает формирование требуемых физико-механических свойств материала детали, получение необходимой прочности, точности, создание условий для удобства выполнения механосборочных и эксплуатационных работ. Технические требования, относящие-

ся к параметрам геометрической точности детали выполняют в результате обработки резанием на различных этапах технологического процесса изготовления корпусных деталей. При этом необходимо выполнение требований точности взаимного расположения, перпендикулярности поверхностей в пределах 0,02 мм, непараллельное™ не более 0,05 мм, неплоскостности не более 0,05 мм, торцевого биения поверхностей относительно оси не более 0,02 мм и т.д. На каждой из поверхностей находится 5-20 сквозных отверстий.

Для снижения трудоемкости, получения необходимой точности целесообразно вести обработку корпусных деталей на многоцелевых станках с ЧПУ или станках типа ОЦ по заранее составленной программе с автоматическими операторами для смены инструмента, что наиболее приемлемо для групповых методов технологии обработки корпусных деталей, как наиболее прогрессивных и перспективных направлений в современном приборостроении.

К конструктивному исполнению деталей этого типа следует предъявлять следующие технические требования:

- нерабочие поверхности не зависимо от способа получения заготовки должны везде, где это возможно, изготавливаться без применения обработки резанием;
- должны иметь надежные базы, обеспечивающие правильную ориентацию и требуемую жесткость при обработке;
- необходимо четко разграничивать обрабатываемые и не обрабатываемые поверхности;
- следует избегать отверстий глубиной более 8-10 диаметров;
- размеры и расположение отверстий должны допускать многошпиндельную обработку детали, поэтому расстояние между осями отверстий выполнять не менее 30мм;
- следует избегать разнообразных диаметров отверстий и резьбы.

## 2.2 Прогрессивная технология, оборудование и механизация металлообработки

Рост производительности труда и обеспечение стабильного качества механической обработки определяются следующими направлениями развития технологии приборостроения, которые в равной степени относятся к деталям типа тел вращения, корпусным, фигурным и некоторым другим типам. Максимальное приближение форм и размеров заготовок к формам и размерам готовых деталей, путем широкого использования рациональных заготовок.

Интенсификация и расширение области внедрения прогрессивных технологических методов:

- многооперационной технологии за счет концентрации операций выполняемых на одном станке, по возможности, за один установ заготовки;
- применение параллельных и параллельно-последовательных методов обработки;
- использование многоинструментальных наладок и одновременная обработка несколькими инструментами.

Внедрение типовых технологических процессов и групповых методов обработки. В связи с этим более широкое применение специализированных станков, многолезцовых полуавтоматов, обрабатывающих центров и другое.

Интенсификация режимов резания благодаря внедрению современных износостойких инструментальных материалов, таких как, например, пластина из карбидо-нитридной минералокерамики ( $Al_2O_3+TiC$ ;  $Si_3N_4$ ).

Сущность интенсификации заключается в том, в единицу времени снимать как можно больше материала, который является в детали припуском.

Повышение геометрической точности и качества поверхности путем широкого использования финишных методов обработки.

Эффективно "сдвигать" трудоемкость из процессов сборки в механическую обработку, а оттуда в заготовительное производство, то есть, повышать точность получения заготовки.

Это объясняется следующим: на сборке работы ручные (доводка, пригонка)

требуют больших трудозатрат. Механизировать их тяжело, поэтому лучше повысить качество механообработки. Если раньше чтобы получить качество разделяли сложные детали на простые, то теперь все наоборот. Детали объединяют в единую и обрабатывают за один установ на специальных станках. Этот метод позволяет сэкономить трудозатраты.

Расширение области применения новых эффективных методов, таких как:

- высокоскоростная обработка изделий из алюминиевых и медных сплавов;
- скоростная обработка черных металлов минералокерамическим инструментом;
- точение, сверление и резьбонарезание с наложением вибраций;
- иглофрезерование.

Расширение области применения станков-автоматов и многоцелевых станков, станков типа "обрабатывающий центр" с системами ЧПУ и многопозиционных агрегатных станков-автоматов, с быстропереналаживаемыми головками.

Внедрение "безлюдной" технологии. Комплексная механизация и автоматизация всех вспомогательных процессов, включая дробление и удаление стружки; загрузку и крепление заготовок; выгрузку транспортирование и складирование обработанных деталей; активный контроль геометрии деталей и параметров инструментов и автоматическая коррекция погрешностей обработки через устройства УЧПУ.

Использование гибких производственных станочных модулей (ГПМ) для комплексной обработки изделий, в том числе с автоматической переналадкой на изготовление другого изделия.

Расширение области применения абразивной обработки. Внедрение высокоскоростного шлифования для массового производства со скоростями 60-250 м/мин, в комбинации со сверхбольшими подачами, равными 1000-10000 м/мин.

Использование прецизионной инструментальной технологической оснастки магнитных вакуумных приспособлений, управляемых от ЧПУ. Создание специальной оснастки для надежного зажима инструмента и заготовок при скоростном резании. Большое развитие получают технические средства для механизации сле-

сарно-опиловочных и доделочных работ (снятие заусенцев).

Создание автоматизированных систем управления

технологическими процессами на базе ЭВМ, компьютеризация проектирования и отладки рабочих технологических процессов с помощью автоматизированных рабочих мест технолога.

Скоростная и сверхскоростная обработка, позволяющая сократить машинное время, по данным многих зарубежных фирм, на 40-80%.

Из вышеуказанного следует, что автоматизация рассматривается с позиции системных связей, существующих между человеком, средствами производства и предметом труда. Задачей инженера-технолога, в современных условиях быстрого технического прогресса, является максимально полное внедрение и использование современного прогрессивного оборудования, режущего инструмента и оснастки, а также разработка технологических процессов отвечающих уровню современного развития техники и технологии и перспективам этого развития.

### 2.3 Выбор и характеристика современного технологического оборудования для разработки вариантов усовершенствованного ТП изготовления детали «Корпус»

С учётом цели и основных технологических задач, поставленных в данной дипломной работе (п. 1.2), в основе усовершенствований ТП - использование металлорежущих станков типа «обрабатывающий центр», производимых фирмой «НААС» (США), а также использование металлорежущих станков типа «универсальный центр», производимых фирмой «ОКУМА» (ЯПОНИЯ). Выбор именно этого оборудования и этой фирмы объясняется тем, что в 2008 году на НПЗ было произведено обновление станочного парка и, в частности, были закуплены многофункциональные станки с ЧПУ фирмы НААС, а в 2010 году закуплены многофункциональные станки с ЧПУ фирмы «ОКУМА». На сегодняшний момент они не полностью загружены и загрузка этих станков изготовлением деталей является актуальной.

С учётом всех обстоятельств, прежде всего, было решено остановить свой

выбор на станках моделей VF-2 , EC-500 и MU-400VA , которые используются на НПЗ, а в качестве слесарного оборудования применить отечественную установку виброабразивной обработки ВУД-500.

## 2.9 Описание станка модели «VF-2», фирмы «HAAS» (США)

Общий вид станка, который согласно технической документации именуется как вертикально-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ, представлен на рисунке 1.

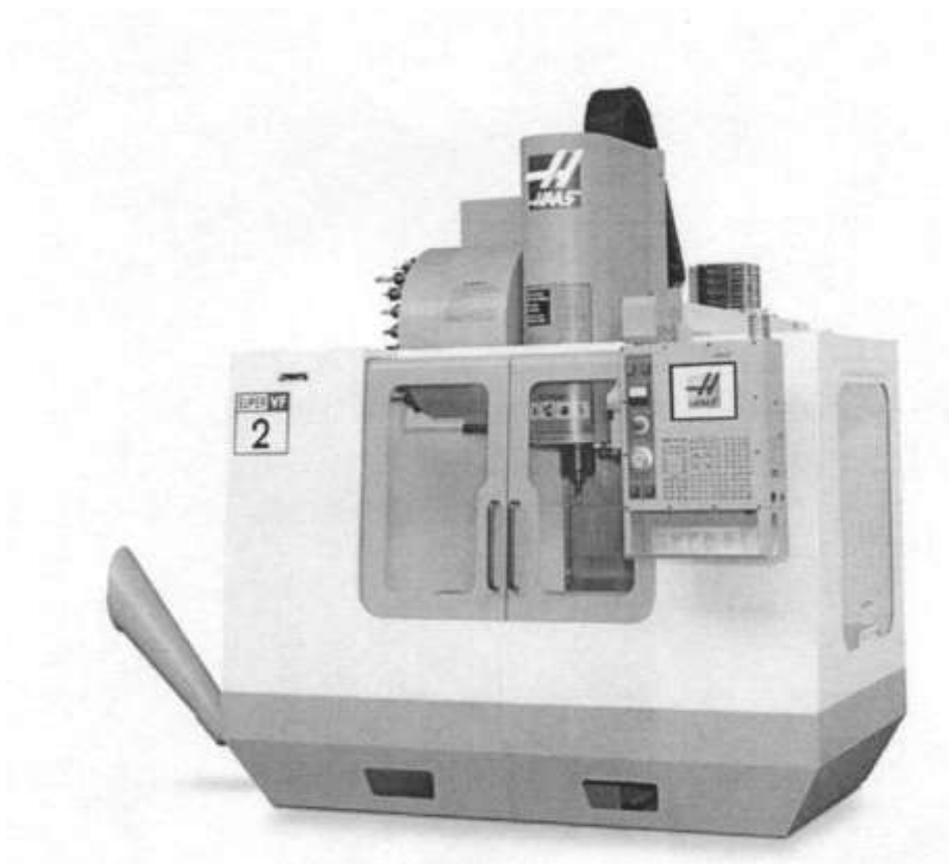


Рисунок 1 - Общий вид вертикально-фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ модели «VF-2» фирмы «HAAS» (США)

Параметры рабочей зоны.

Размеры рабочей поверхности стола с Т-образными пазами, мм - 914 x 356

Количество Т-образных пазов - 5

Макс, допустимая нагрузка на стол (равномерно распределенная), кг - 1361

Ширина открывания рабочей двери, мм - 902

Параметры шпинделя:

Исполнение конуса шпинделя - ISO 40

Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин - 7500

Способ передачи крутящего момента на шпиндель - ременная передача

Максимальный крутящий момент на шпинделе, Нм -102 (при  $n=1400$  об/мин)

Максимальная мощность на шпинделе, кВт - 14,9

Смазка подшипников шпинделя воздушно-масляная

Охлаждение шпинделя водяное

Параметры перемещений рабочих органов:

Величина рабочих перемещений по осям, мм по оси X - 762, по оси Y - 406, по оси Z - 508 Максимальная величина рабочих подач, м/мин - 16,5 Максимальная скорость холостых ходов, м/мин - 25,4 Максимальные допустимые усилия по осям, кН по оси X - 11,34; по оси Y - 11,34; по оси Z-18,68

Параметры инструментального магазина:

Исполнение инструментального магазина - карусельного типа Количество инструментальных позиций в магазине - 20 Тип устанавливаемых оправок ISO CT40

Максимальный диаметр устанавливаемого инструмента, мм 89 Максимальный вес устанавливаемого инструмента, кг 5,4 Время смены инструмента, сек от инструмента к инструменту - 4,2 от стружки к стружке - 4,5

Точностные параметры:

Точность позиционирования рабочих органов, мм  $\pm 0,0051$  Повторяемость позиционирования рабочих органов, мм  $\pm 0,0025$

Параметры устройства ЧПУ:

Тип устройства - «Haas-Fanuc»

Количество управляемых осей - 4

Тип монитора для отображения информации LCD 15"

Скорость обработки программ, блоков/сек - до 1000 Тип интерфейса (скорость передачи данных, Бод) RS232 (115200) Тип интерфейса для подключения

съёмных носителей памяти - USB Объем памяти для хранения программ, кБ - 1024 Минимальная дискретность задаваемых значений, мм - 0,001 Параметры управления УЧПУ:

- ISO программирование в G-кодах графическая 2D визуализация;
- 17 встроенных стандартных циклов обработки;
- текстовый редактор управляющих программ;
- круговой многофункциональный JOG-маховичок;
- калькулятор для расчета режимов резания и геометрии;
- мониторинг режущего инструмента по нагрузке и стойкости;
- функция компенсации инструмента с возможностью учета износа;
- метрическая и дюймовая система возможность продолжения программы с любого кадра автодиагностика станка.

Существует 5 дополнительных M-функций для вспомогательного оборудования.

Параметры подключения и установки.

Электропитание 3 ф. 400В, 50 Гц Потребляемая электрическая мощность, кВА - 14 Требования к сжатому воздуху: рабочее давление в сети, бар - 6,9 рабочий расход, л/мин - 113 Габаритные размеры станка, мм: 2235 x 2654 x 2357 Масса ориентировочная, кг - 3311

Особенности конструкции:

- полностью литая чугунная станина;
- полностью закрытое герметичное защитное ограждение;
- серводвигатели перемещений по осям с прямой передачей момента;
- стальные закаленные подшипниковые блоки направляющих;
- система автоматической смазки направляющих и ШВП;
- ШВП с двойным креплением и предварительно натянутой гайкой;
- система компенсации тепловых расширений ШВП;
- откатная конструкция бака для СОЖ.

Базовая комплектация:

- система СОЖ с баком на 208 л.

Присоединительные части к пневмосистеме: (фильтр, редуктор)

Ручной пневмопистолет для удаления стружки с детали и станка, автоматическая централизованная система смазки. Станочное освещение, лампа индикации состояния станка. Электромеханический замок дверей ограждения рабочей зоны. Функция автоматического отключения станка. Комплект регулировочных опор. Комплект ключей для обслуживания станка.

Основные дополнительные приспособления к станку «VF-2»

Двухскоростной редуктор обеспечивает высокий крутящий момент, необходимый для тяжелых режимов резания, и высокую скорость вращения для операций чистовой обработки. Редуктор снабжен полиуретановыми опорами, исключаящими вибрации, которые могут повлиять на качество чистовой обработки.

Привод управления 5-ой осью

Позволяет использовать полностью встроенный 4-х или 5-ти осевой поворотный или делительно-поворотный стол Naas для обработки с нескольких сторон, обеспечивая рост производительности и сокращение времени наладки.

Холодильник шпинделя.

Оптические линейки обеспечивают максимальную точность позиционирования по осям X, Y и Z за счет компенсации температурных колебаний. Благодаря разрешающей способности 1 микрон эти линейки обеспечивают точность, требуемую для изготовления пресс-форм и других высокоточных изделий.

Программируемое сопло подачи СОЖ управляется автоматически, направляя СОЖ точно в зону обработки и избавляя тем самым оператора от необходимости постоянно регулировать направление подачи СОЖ. Положения сопел задаются во время настройки вместе с параметрами коррекции инструмента, и вызываются из памяти автоматически в ходе выполнения программы. Работу сопла можно также отрегулировать вручную с клавиатуры во время выполнения программы.

Вторая исходная позиция позволяет оператору осуществлять быстрое перемещение оси шпинделя в заданную им вторую исходную позицию, отличную от стандартной нулевой позиции станка.

Измерительные системы Renishaw и Marposs применяются для установки режущего инструмента и его рабочего смещения, и представлены на рисунках 2 и 3.



Рисунок 2 - система Renishaw



Рисунок 3 - система Marposs

Высокоскоростная подача.

Опция высокоскоростной обработки является мощным средством для сокращения времени циклов и повышения точности.

Используя алгоритм движения, названный «ускорение перед интерполяцией», обеспечивается скорость подачи при контурной обработке до 21,1 м/мин, не оказывая негативного влияния на запрограммированную траекторию движения. Запрограммированные движения ускоряются перед интерполяцией таким образом, чтобы движение по каждой оси не превышало инерционную способность станка. Прогностический алгоритм определяет максимальную скорость подачи, при которой каждый кадр можно плавно совместить со следующим кадром без остановки процесса. Это обеспечивает более высокую точность и плавность перемещения, а также повышает реальную скорость подачи - даже для деталей со сложной геометрией. Скорость подачи при контурной обработке до 21,2 м/мин.

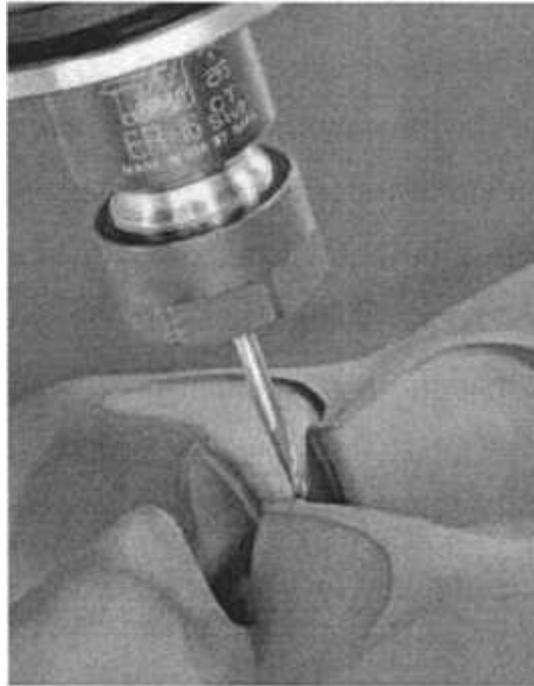


Рисунок 4 – Высокоскоростная подача

## 2.5 Описание станка модели «ЕС-500», фирмы «НААС» (США)

Общий вид станка «ЕС-500», который согласно технической документации именуется как горизонтальный обрабатывающий центр с ЧПУ, представлен на рисунке 5.

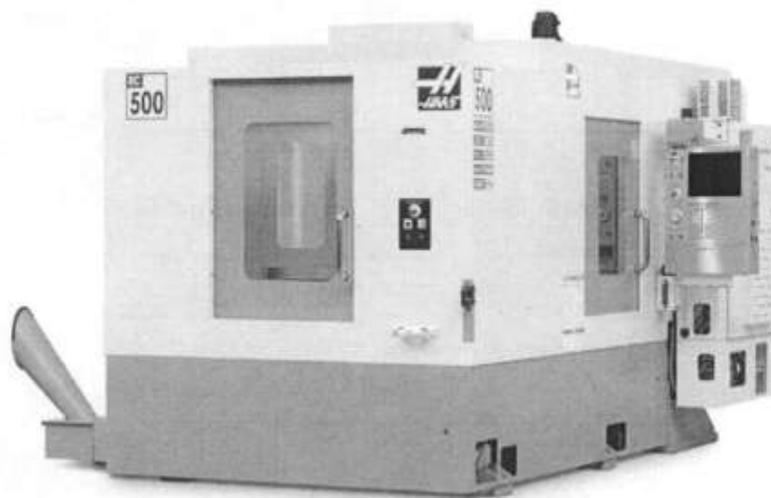


Рисунок 5 - НААС ЕС 500

Параметры рабочей зоны:

Размеры рабочей поверхности стола с Т-образными пазами, мм –	813 x 508 x 711 мм
Размеры паллеты	500мм
Максимальная нагрузка на паллету	454 кг
Время смены паллеты	9,0сек
Конус / тип инструмента	СТ40 {BT 40 - опция}

Параметры шпинделя:

Исполнение конуса шпинделя - ISO 40	
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин - 8000	
Система привода прямой привод	
Максимальный крутящий момент на шпинделе, Нм -102 (при п=1400 об/мин)	
Максимальная мощность на шпинделе, кВт - 14,9	

Параметры перемещений рабочих органов:

Перемещение по осям (XYZ) - 813 x508 x 711 мм Максимальная величина рабочих подач, м/мин - 12,7 Максимальная скорость холостых ходов, м/мин - 25,4 Максимальные допустимые усилия по осям, Н - 20462 Параметры инструментального магазина:

Исполнение инструментального магазина - карусельного типа Количество инструментальных позиций в магазине - 40 Тип устанавливаемых оправок ISO СТ 40.

Максимальный диаметр устанавливаемого инструмента, мм 76 (152) если соседнее гнездо занято ( свободно)

Время смены инструмента, сек от инструмента к инструменту - 1,6 от стружки к стружке - 1,6

Точностные параметры:

Точность позиционирования рабочих органов, мм  $\pm 0,0051$  Повторяемость позиционирования рабочих органов, мм  $\pm 0,0025$  Параметры устройства ЧПУ:

Тип устройства - «Haas-Fanuc»

Количество управляемых осей - 4

Тип монитора для отображения информации LCD 15"

Скорость обработки программ, блоков/сек - до 1000

Тип интерфейса (скорость передачи данных, Бод) RS232 (115200)

Тип интерфейса для подключения съёмных носителей памяти - USB Объем памяти для хранения программ, кБ - 1024 Минимальная дискретность задаваемых значений, мм - 0,001 Параметры управления УЧПУ:

- ISO программирование в G-кодах;
- графическая 2D визуализация;
- 17 встроенных стандартных циклов обработки;
- текстовый редактор управляющих программ;
- круговой многофункциональный JOG-маховичок;
- калькулятор для расчета режимов резания и геометрии;
- мониторинг режущего инструмента по нагрузке и стойкости;
- функция компенсации инструмента с возможностью учета износа;
- метрическая и дюймовая система;
- возможность продолжения программы с любого кадра.

Параметры подключения и установки:

Электропитание 3 ф. 400В, 50 Гц Потребляемая электрическая мощность, кВА - 14 Требования к сжатому воздуху:

- рабочее давление в сети, бар - 6,9 рабочее расход, л/мин – 113.

Габаритные размеры станка, мм: 4191 x3703 x2576 Масса ориентировочная, кг - 10886

Особенности конструкции:

- полностью литая чугунная станина;
- полностью закрытое герметичное защитное ограждение;
- серводвигатели перемещений по осям с прямой передачей момента;
- стальные закаленные подшипниковые блоки направляющих;
- система автоматической смазки направляющих и ШВП ШВП с двойным креплением и предварительно натянутой гайкой;
- система компенсации тепловых расширений ШВП;
- откатная конструкция бака для СОЖ.

Базовая комплектация:

Станок укомплектован двойным устройством смены паллет с 500-мм паллетами и встроенным высокоточным поворотным аппаратом для паллет.

В стандартную комплектацию станка входит:

- шпиндель 8000 об/мин с конусом 130 40;
- устройство смены инструмента бокового исполнения на 40 гнезд;
- функция ускоренного перемещения 25,4 м/мин и система смазки подачи СОЖ с баком увеличенного объема.

Кроме того, в стандартный комплект поставки входит высокоточный поворотный аппарат с плоской планшайбой для паллет с возможностью индексирования на 1 градус.

Ограждение станка позволяет устанавливать на поворотный аппарат деталь с диагональю до 750 мм.

Шпиндель с прямым приводом приводится в действие высокоэффективным электродвигателем «HAAS» мощностью 20 л.с. (14,9 кВт), который полностью разработан и изготовлен специалистами компании. Это помогает нам контролировать качество и сроки поставок этого долговечного, отлично сбалансированного электродвигателя с широким диапазоном мощности и великолепной плавностью работы.

Сведения об устройстве смены инструмента бокового исполнения «HAAS».

Устройство смены инструмента бокового исполнения представлено на рисунке 6.

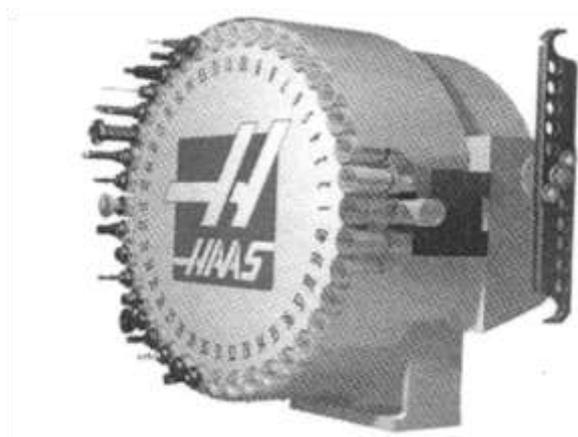


Рисунок 6

Время смены инструмента лишь 1,6 секунды.

Управление синхронизированным циклическим движением наших устройств смены инструмента бокового исполнения осуществляется при помощи высокоточных кулачковых механизмов, изготавливаемых собственными силами на специальных 5-осевых станках «НААС». В высокопрочной надежной конструкции этого механизма используется специальная червячная передача «НААС» и электронная система пуска-останова, которые обеспечивают долговечность системы и устраняют необходимость технического обслуживания. Все устройства полностью изготавливаются в компании «НААС», чтобы гарантировать их бесперебойную, плавную и надежную работу.

Прямое нарезание резьбы метчиками:

При помощи датчика положения, установленного непосредственно на высокопроизводительном шпинделе «НААС», движение по оси 2 синхронизируется с вращением шпинделя. Синхронизированное нарезание резьбы метчиком исключает необходимость использования дорогостоящего плавающего патрона для закрепления метчика и предотвращает деформацию резьбы и срыв начала резьбы. Кроме того, метчик может выводиться из жесткого резьбового отверстия быстрее, чем входит в него при нарезании резьбы, что сокращает время цикла. Прямое нарезание резьбы метчиком представлено на рисунке 7.

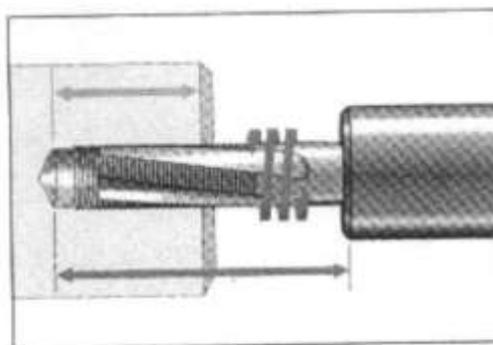


Рисунок 7 - Прямое нарезание резьбы метчиком

### Удаление стружки.

Высокопроизводительная обработка деталей создает необходимость быстрого удаления большого объема стружки для максимального увеличения времени безостановочной работы и оптимизации возврата вложений.

В конструкции станков ЕС-400 и ЕС-500 использована конвейерная система транспортировки с тремя шнеками для эффективного удаления стружки из зоны обработки. Защита направляющих принудительно сбрасывает стружку на два боковых шнека, которые удаляют отходы из рабочей области. Третий шнек в передней части станка транспортирует стружку к спускному желобу; в ходе транспортировки стружка прессуется и из нее удаляется СОЖ.

В ЕС-300 используется система с одним шнеком, а в ЕС-1600, 2000 и 3000 - с двумя. Тройной шнек для транспортировки стружки (внизу) представлен на рисунке 8.

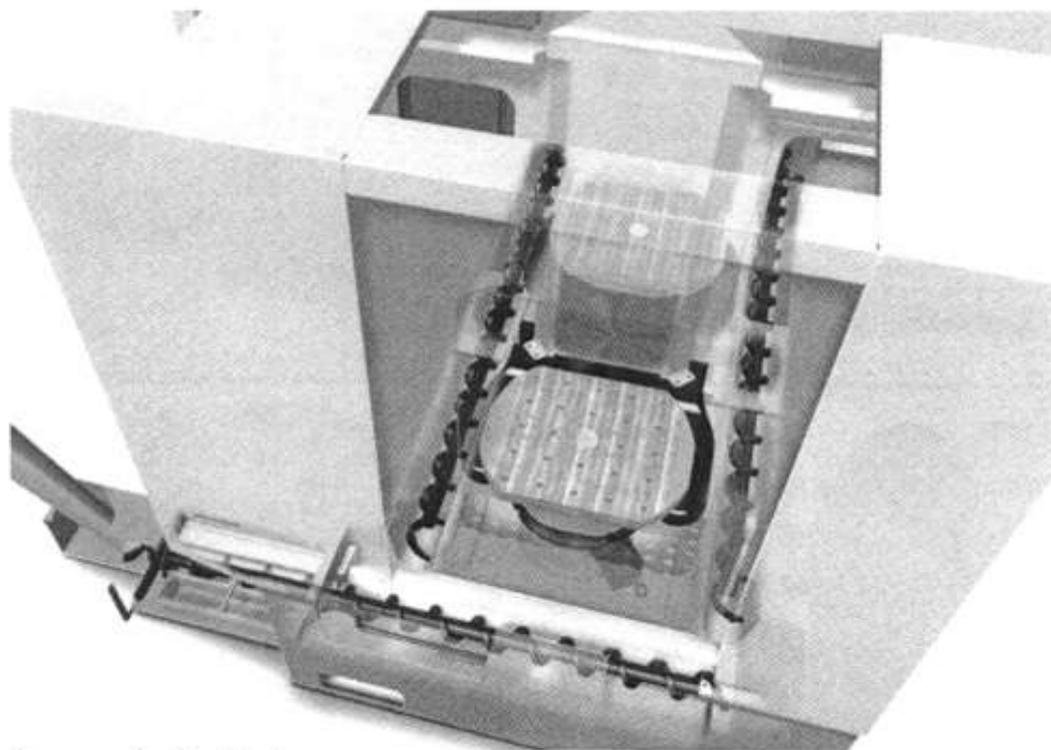


Рисунок 8 - Тройной шнек для транспортировки стружки.

На станках «НААС» с конусом ISO 40 главный шнек можно заменить на опционный ленточный конвейер, который сбрасывает стружку на высоту бочки стандартных размеров. Опционный конвейер представлен на рисунке 9.

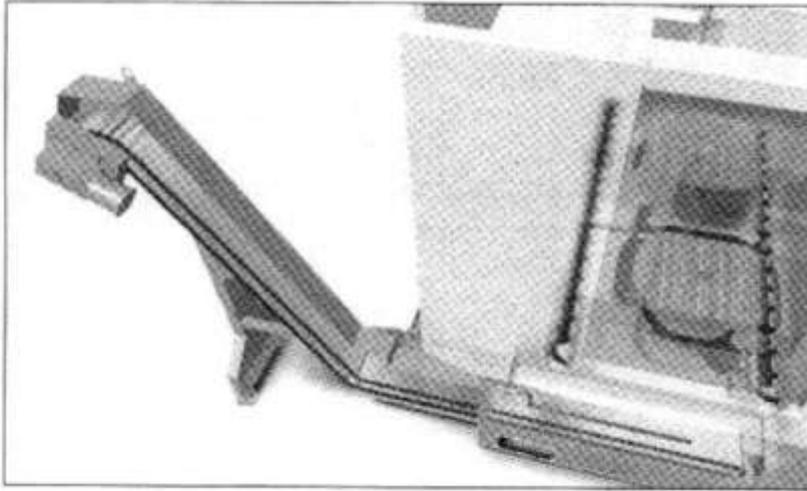


Рисунок 9 - Опционный конвейер.

### Системы охлаждения

Наблюдая за работой операторов, можно заметить, что им приходится постоянно открывать панели станка и регулировать работу системы подачи СОЖ. Программируемое сопло для подачи СОЖ управляется автоматически, представлено на рисунке 10.

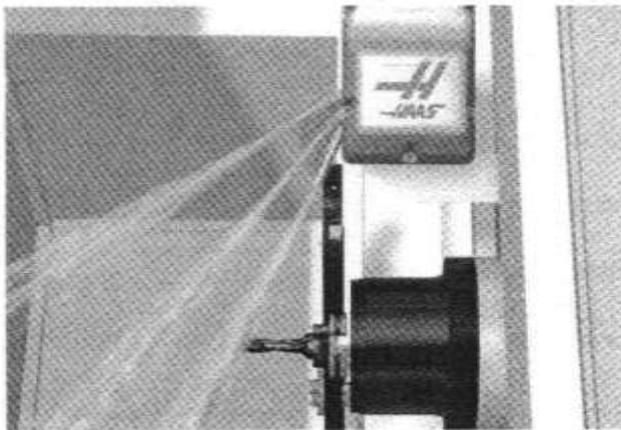


Рисунок 10 - Программируемое сопло для подачи СОЖ

С помощью программы СОЖ направляется точно в зону обработки и избавляет оператора от необходимости постоянно регулировать направление подачи СОЖ.

Положения сопел задаются во время настройки вместе с

параметрами коррекции инструмента, и вызываются из памяти автоматически в ходе выполнения программы. Работу сопла можно также отрегулировать вручную с клавиатуры во время выполнения программы.

### Датчик уровня СОЖ

Датчик в баке смазочно-охлаждающей жидкости позволяет контролировать уровень СОЖ непосредственно на экране системы управления. Датчик уровня СОЖ представлен на рисунке 11.

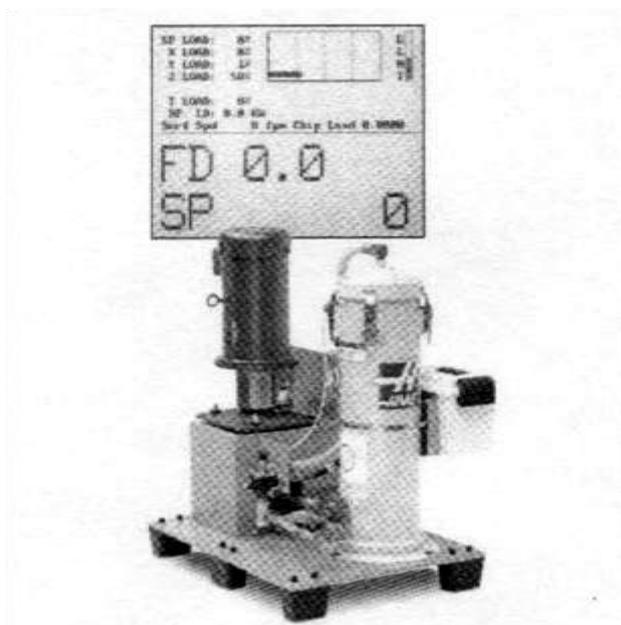


Рисунок 11 - Датчик уровня СОЖ

### Дополнительный фильтр для СОЖ

Данная система 25-микронного 2-рукавного фильтра удаляет грязь и мелкие частицы из смазочно-охлаждающей жидкости до того, как они смогут попасть в контур рециркуляции СОЖ, подаваемой насосом.

### Упрощенная измерительная система для инструмента и деталей

Эта уникальная система HAAS представляет собой полнофункциональный пакет с высокой функциональностью, который предоставляет намного больше возможностей, чем просто привязка инструмента и деталей. Используя макрокоманды

(которые входят в комплект) и полнофункциональный программный редактор, возможно осуществлять активный контроль инструмента и детали, проводить измерения при изготовлении первой детали партии, применять автоматическую компенсацию при изменении температуры и даже проверять износ инструмента или его поломку. Это значительно уменьшает изменения в процессе обработки, связанные с действиями оператора, и гарантирует надежность выполнения производственных процессов в автоматическом режиме.

## 2.6 Описание станка модели «MU-400VA, фирмы «OKUMA», (Япония)

Общий вид станка MU-400VA, который согласно технической документации именуется как вертикальный обрабатывающий центр с пятиосевым управлением, представлен на рисунке 12.

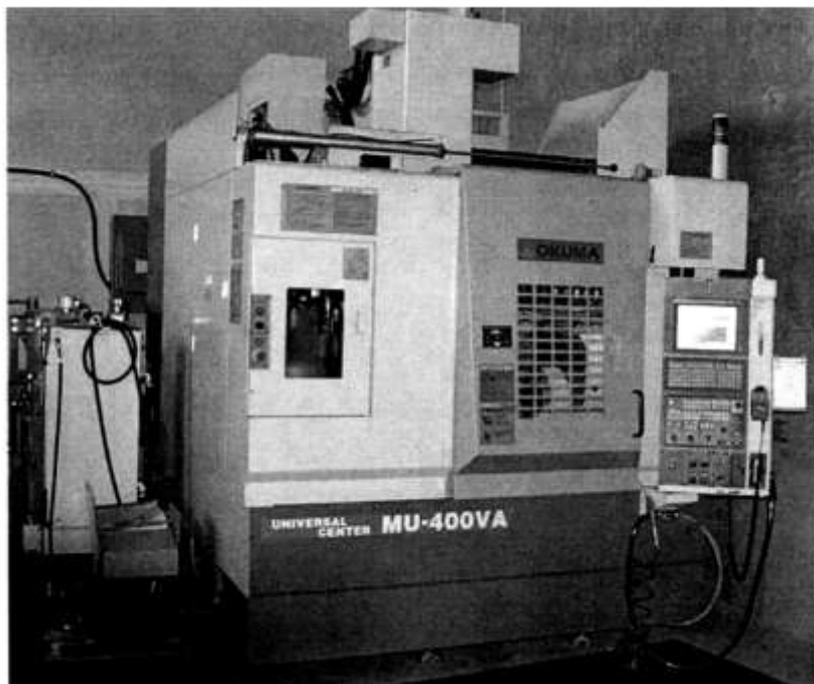


Рисунок 12 вид станка

Перемещение

Ось X 762мм Ось Y 460 мм Ось Z 460 мм Ось A +20 -110 град.

Ось C 360 град.

Размер стола ф400 мм Рабочая зона ф400 x h400 мм Максимальная грузоподъ-

емность 300 кг.

Шпиндель

Максимальная скорость шпинделя Стандартная 8,000 мин<sup>-1</sup> Коническое отверстие 7/24 конус №40

Скорость подачи

Форсированная продольная подача X, Y: 40 (1574,80), Z: 32 (1259,84) м/мин (об/мин)

Форсированная продольная подача (A,C) 14400/18000 градусов/мин Рабочая подача X, Y, Z: 32 (1259,84) м/мин (об/мин)

Двигатель

Запуск шпинделя (10 мин/ непрерывно), кВт, 11/7,5 22/18,5, 15/11 Питание осей ,кВт, X, Y, Z: 4,0 А: 5,4 , С: 4,3 АТС

Хвостовик инструмента MAS BT 40 (HSK)

Захватная головка MAS 2(-)

Емкость инструментального магазина инструменты 20 (32,48) Максимальный диаметр инструментов (со смежными инструментами) ф90 мм

Максимальный диаметр инструментов(со смежными инструментами) ф 125 мм

Максимальная длина инструментов 240 мм Максимальный вес инструментов 8

кг

Подбор инструментов Подбор из памяти

Спецификации станка

Высота 2950 мм

Размеры площадки для размещения (ширина x глубина) 2160 x 2715 мм

Вес станка 7700 кг

Дополнения

Емкость резервуара СОЖ 170 л (эффективность: 100)

Общая мощность 21 (8,000), 37 (15,000), 27 (25,000) кВт А

2.7 Описание вибрационной установки ВУД – 500

Для автоматизаций слесарных операций предлагаем использовать установку вибрационную ВУД -500, разработанную специалистами Воронежского филиала НИАТ.

Вибрационная установка ВУД-500 предназначена для шлифования, полирования, упрочнения поверхностного слоя деталей, а также - для снятия заусенцев на деталях из стали, алюминиевых сплавов и других материалов.

Обработка мелких и неответственных деталей производится в навал в контейнере. Обработка крупногабаритных и ответственных деталей производится в специальных приспособлениях.

Техническая характеристика:

- частота колебаний - 24 герц;
- максимальная амплитуда колебания при максимальной нагрузке - 5 мм;
- грузоподъемность установки - 500 кг (детали и наполнитель);
- рабочее давление в пневмо баллонах - 1,5 атм (0,15 Мпа);
- мощность электродвигателя - 10 квт;
- габариты установки - 1700 x 1100 x 1000;
- вес установки - 1800 кг.

Принцип работы установки.

Обработка деталей производится за счет относительного движения обрабатываемых деталей и наполнителя. В связи с тем, что обрабатываемые детали и наполнитель имеют разные массы, они перемещаются с разной скоростью. В результате относительного движения происходит трение наполнителя о поверхность детали и, следовательно, съем поверхностного слоя металла.

При виброобработке вся масса в контейнере находится в непрерывном движении в каждом участке объема, благодаря чему этот метод имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами обработки на тех же операциях.

Возбудителем колебаний является двухвальный инерционный вибратор. Траектория движения наполнителя может представлять собой круг, эллипс, или прямую линию, перпендикулярную к горизонтали. Изменение формы траектории движения наполнителя осуществляется за счет изменения направления движения валов вибра-

тора. Изменение амплитуды колебаний производится за счет разворотов дебалансов относительно друг друга на каждом вале вибратора.

Показатель величины шероховатости поверхностей детали после их обработке на вибро абразивной полуавтоматической установке зависит от амплитуды колебаний, состава наполнителя и величины размеров составляющих элементов наполнителя.

Для отделочных операций размеры элементов наполнителя минимальны, для режима снятия заусенцев - максимальные (до 10 мм).

Описание конструкции установки.

Установка состоит из следующих узлов:

- подвижной верхней рамы с вибратором;
- четырех пневматических резинокордных балансов;
- двух редукторов;
- рамы нижней;
- пульта управления.

Подвижная верхняя рама, являясь основанием для крепления оснастки, представляет собой сварную конструкцию из швеллеров, в кронштейнах которой установлены на 4-х самоустанавливающихся роликоподшипниках два вала. На валах установлены неуравновешенные дебалансы, которые вращаясь вместе с валами, являются возбудителями вибрации. Вращение валов на вибратор от редуктора передается через две резиновые гибкие муфты, а от двигателя на редуктор через клиноременную передачу.

В качестве поддерживающих амортизирующих связей верхней рамы установки с основанием являются четыре резинокордных баллона.

Редуктор представляет собой устройство, позволяющее изменять направление вращения вала вибратора со встречного (при упрочнении) на одностороннее (при шлифовании или полировании с круговой траекторией вращения массы) при помощи переключающего устройства.

Основание представляет собой сварную конструкцию из швеллеров. Вся установка устанавливается на бетонном фундаменте.

### Ограничения применения

Данный процесс автоматизации снятия заусенцев и шлифования поверхностного слоя деталей можно применить для деталей с шероховатостью не лучше Ra5, а точность размеров не превышает 12 квалитета.

Детали не должны иметь резьбовые поверхности, а также отверстия, выполненные по IT9 - IT6 квалитетам, т.к. в процессе вибрационной обработки форма и размеры данных элементов детали будет непоправимо нарушены.

Вывод: Виброобразивная обработка применяется для автоматизации снятия заусенцев и зачистки поверхностей деталей после черновых и получистовых механообрабатывающих операций.

## 2.8 Разработка усовершенствованного технологического процесса изготовления детали «Корпус»

С учётом технологических и технических возможностей выбранного оборудования маршрутное описание усовершенствованных вариантов ТП представлено в таблице 3.

Таблица 3

Базовый ТП	1-й вариант HAAS VF2	2-й вариант HAAS EC-500	3-й вариант OKUMA MU-400VA
1	2	3	4
001 Литейная (отливка АК8М)	001 Литейная	001 Литейная	001 Литейная
003 Слесарная	005 Виброобразивная	005 Виброобразивная	005 Виброобразивная
006 Многооперационная (МС 032)	010 Комплексная	010 Комплексная	010 Комплексная
008 Слесарная	015 Комплексная	015 Комплексная	015 Комплексная
015 Многооперационная (МС 032)			
087 Слесарная	020 Комплексная	020 Комплексная	
089 Сверлильная			
090 Сверлильная			
095 Сверлильная			
115 Сверлильная			
120 Сверлильная			
127 Сверлильная			
130 Резьбонарезная			
135 Резьбонарезная			
140 Резьбонарезная			
145 Резьбонарезная			

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
150 Резьбонарезная			
155 Слесарная			
160 Промывочная	025 Промывочная	025 Промывочная	020 Промывочная
165 Контрольная	030 Контрольная	030 Контрольная	025 Контрольная
170 Отделочная	035 Отделочная	035 Отделочная	030 Отделочная
175 Сборочная	040 Сборочная	040 Сборочная	035 Сборочная
Итого: 22 технологические операции	Итого: 9 технологических операций	Итого: 9 технологических операций	Итого: 8 технологических операций

Для сравнения вариантов ТП был осуществлен подсчет трудоемкости по вариантам технологических процессов, предложенных в таблице 3.

### 2.8.1 Описание технологических операций по базовому технологическому процессу

Таблица 4 – Описание технологической операции 006 Многооперационная на ОЦСФР МС 032 с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)
006 Многооперационная	6,57	45	$6,57+45/n$	35	$75,88+519,75/n$
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Т уст, мин.
1	2	3	4		
Установить в УСП			-	-	0,35
Притупить ребра в отверстии 6			0,1	0,12	-
Повернуть стол на $180^0$			-	0,13	-
Фрезеровать поверхность 9			0,04	0,12	-
Повернуть стол на $180^0$			-	0,13	-
Фрезеровать поверхность 10			0,05	0,12	-
Повернуть стол на $180^0$			-	0,13	-

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
Фрезеровать поверхность 11	0,05	0,12	-
Фрезеровать поверхность 12	0,01	0,12	-
Фрезеровать поверхность 1	0,02	0,12	-
Фрезеровать 6 отверстий 4	0,06	0,72	-
Повернуть стол на $180^0$	-	0,13	-
Фрезеровать отверстие 6	0,02	0,12	-
Повернуть стол на $180^0$	-	0,13	-
Центровать 2 отверстия 3	0,02	0,24	-
Центровать 6 отверстий 2	0,06	0,72	-
Повернуть стол на $180^0$	-	0,13	-
Центровать 3 отверстия 5	0,03	0,36	-
Повернуть стол на $180^0$	-	0,13	-
Сверлить 6 отверстий 2	0,06	0,72	-
Повернуть стол на $180^0$	-	0,13	-
Сверлить 3 отверстия 5	0,03	0,36	-
Повернуть стол на $180^0$	-	0,13	-
Сверлить 2 отверстия 3	0,02	0,24	-
Сверлить 2 отверстия 8	0,04	0,24	-

Таблица 5 – Описание технологической операции 015 Многооперационная на ОЦСФР МС 032 с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)		Сшт.=f(n)	
			Км			
015 Многооперационная	9,54	45	9,54+45/n		35	110,2+519,75/n
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Т уст, мин.	
1			2	3	4	
Установить в УСП			-	-	0,35	
Повернуть стол на $54^0$			-	0,04	-	
Фрезеровать фаску в отверстиях 15			0,12	0,12	-	
Притупить ребра в отверстиях 12			0,1	0,12	-	

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
Повернуть стол на $108^0$	-	0,08	-
Притупить ребра в отверстии 7	0,1	0,12	-
Повернуть стол на $54^0$	-	0,04	-
Фрезеровать поверхность 1	0,23	0,12	-
Повернуть стол на $54^0$	-	0,04	-
Фрезеровать поверхность 8	0,23	0,12	-
Повернуть стол на $108^0$	-	0,08	-
Фрезеровать поверхность 10	0,23	0,12	-
Повернуть стол на $108^0$	-	0,08	-
Фрезеровать поверхность 14	0,21	0,12	-
Фрезеровать отверстие 15	0,06	0,12	-
Повернуть стол на $72^0$	-	0,05	-
Подрезать торец 6	0,47	0,12	-
Расточить канавку 5	0,44	0,12	-
Расточить отверстие 7	0,16	0,12	-
Повернуть стол на $108^0$	-	0,08	-
Расточить отверстие 12	0,18	0,12	-
Повернуть стол на $108^0$	-	0,08	-
Расточить отверстие 7	0,17	0,12	-
Повернуть стол на $108^0$	-	0,08	-
Расточить отверстие 12	0,19	0,12	-
Фрезеровать отверстие 11	0,15	0,12	-
Расточить отверстие 15	0,11	0,12	-
Нарезать резьбу 15	0,31	0,12	-
Повернуть стол на $90^0$	-	0,06	-
Центровать 4 отверстия 9	0,04	0,48	-
Центровать 3 отверстия 3	0,03	0,36	-
Повернуть стол А на $90^0$	-	0,06	-
Повернуть стол С на $54^0$	-	0,04	-
Центровать 2 отверстия 4	0,02	0,24	-

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
Повернуть стол на $54^0$	-	0,04	-
Центровать 2 отверстия 2	0,02	0,24	-
Повернуть стол на $90^0$	-	0,06	-
Сверлить 4 отверстия 9	0,04	0,48	-
Сверлить 3 отверстия 3	0,03	0,36	-
Повернуть стол А на $90^0$	-	0,06	-
Повернуть стол С на $54^0$	-	0,04	-
Сверлить 2 отверстия 4	0,04	0,24	-
Повернуть стол С на $54^0$	-	0,04	-
Сверлить 2 отверстия 2	0,02	0,24	-

Таблица 6 – Описание технологической операции 089 Сверлильная на Жальгирис НС-12А с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)		Сшт.=f(n)
			Км		
089 Сверлильная	4,31	6	4,31+6/n	0,5	0,7+1/n
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Т уст. мин.
1 Установить в приспособление			-	-	0,21
2-5 Зенковать 4 отверстия 1 последовательно			0,4	0,4	-
6-8 Зенковать 3 отверстия 2 последовательно			0,3	0,3	-
9-10 Зенковать 2 отверстия 3 последовательно			0,2	0,2	-
11-12 Притупить ребра в отверстия 5			0,1	0,1	-
13-14 Притупить ребра в отверстия 8			0,1	0,1	-
15-16 Зенковать 2 отверстия 11 последовательно			0,2	0,2	-
17-22 Зенковать 6 отверстий 12 последовательно			0,6	0,6	-
23-25 Зенковать 3 отверстия 13 последовательно			0,3	0,3	-

Таблица 7 – Описание технологической операции 090 Сверлильная на Жальгирис НС-12А с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)
090 Сверлильная	2,48	6	2,48+6/n	0,5	0,4+1/n
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Т уст, мин.
1 Установить в кондуктор			-	-	0,42
2-5 Сверлить 4 отверстия 4 последовательно			0,46	0,8	-
6-9 Зенковать 4 отверстия 4 последовательно			0,4	0,4	-

Таблица 8 – Описание технологической операции 095 Сверлильная на Жальгирис НС-12А с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)
095 Сверлильная	2,72	6	2,72+6/n	0,5	0,45+1/n
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Т уст, мин.
Установить в кондуктор			-	-	0,35
2-5 Сверлить 4 отверстия 6 последовательно			0,77	0,8	-
6-9 Зенковать 4 отверстия 6 последовательно			0,4	0,4	-

Таблица 9 – Описание технологической операции 115 Сверлильная на Жальгирис НС-12А с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)
115 Сверлильная	2,04	6	2,04+6/n	0,5	0,34+1/n
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Туст,мин
1			2	3	4
1 Установить в кондуктор			-	-	0,42
2-4 Сверлить 3 отверстия 10 последовательно			0,42	0,6	-

## Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
5-6 Зенковать 2 отверстия 11 последовательно	0,2	0,2	-
7-12 Притупить ребра в отверстия 10	0,1	0,1	-

Таблица 10 – Описание технологической операции 120 Сверлильная на Жальгирие НС-12А с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)		Сшт.=f(n)
			Км		
120 Сверлильная	1,02	6	1,02+6/n	0,5	0,17+1/n
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Т уст. мин.
1 Установить в кондуктор			-	-	0,42
2-4 Зенковать 3 отверстия 9 последовательно			0,3	0,3	-

Таблица 11 – Описание технологической операции 127 Сверлильная на Жальгирие НС-12А с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)		Сшт.=f(n)
			Км		
127 Сверлильная	0,33	6	0,33+6/n	0,5	0,05+1/n
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Т уст. мин.
1 Установить в приспособление			-	-	0,21
2-7 Зенковать 6 отверстий 9 последовательно			0,6	0,6	-

Таблица 12 – Описание технологической операции 130 Резьбонарезная на Тиль №3 с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)
130 Резьбонарезная	1,29	6	$1,29+6/n$	0,5	$0,21+1/n$
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Туст.мин
1 Установить в подставку			-	-	0,21
2-5 Нарезать резьбу 4 отверстия 1			0,08	1,0	-

Таблица 13 – Описание технологической операции 135 Резьбонарезная на Тиль №3 с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)
135 Резьбонарезная	1,54	6	$1,54+6/n$	0,5	$0,25+1/n$
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Туст, мин.
1 Установить в подставку			-	-	0,21
2-4 Нарезать резьбу 3 отверстия 2			0,06	0,75	-
5-6 Нарезать резьбу 2 отверстия 5			0,04	0,5	-

Таблица 14 – Описание технологической операции 140 Резьбонарезная на Тиль №3 с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)
140 Резьбонарезная	1,74	6	$1,74+6/n$	0,5	$0,29+1/n$
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Туст, мин.
1 Установить в подставку			-	-	0,21
2-3 Нарезать резьбу 2 отверстия 3			0,1	0,5	-
4-6 Нарезать резьбу 3 отверстия 8			0,18	0,75	-

Таблица 15 – Описание технологической операции 145 Резьбонарезная на Тиль №3 с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)
145 Резьбонарезная	2,53	6	$2,53+6/n$	0,5	$0,42+1/n$
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Т уст, мин.
1 Установить в подставку			-	-	0,21
2-5 Нарезать резьбу 4 отверстия 4			0,16	1,0	-
6-9 Нарезать резьбу 4 отверстия 6			0,16	1,0	-

Таблица 16 – Описание технологической операции 150 Резьбонарезная на Тиль №3 с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)
150 Резьбонарезная	1,89	6	$1,89+6/n$	0,5	$0,31+1/n$
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Т уст, мин.
1 Установить в подставку			-	-	0,21
2-7 Нарезать резьбу 6 отверстий 7			0,18	1,5	-

## 2.8.2 Описание технологических операций по технологическому процессу с применением HAAS EC-500

Первый вариант технологического процесса (с применением HAAS VF2 ) и второй вариант (с применением HAAS EC-500) отличаются между собой только временем смены деталей, так как в станке HAAS EC-500 предусмотрено 2 стола (паллеты). Последующую деталь закрепляют на втором столе, во время обработке предыдущей детали, что сокращает время смены деталей. Смена столов (паллет)

производится за 9 секунд. Поэтому в таблицах 17,18 и 19 представлен вариант технологического процесса с применением HAAS EC-500.

Таблица 17

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)
010 Комплексная	7,79	45	7,79+45/n	35	90+519,75/n
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Туст,мин
1			2	3	4
Установить в УСП			-	-	0,35
Фрезеровать поверхность 9			0,02	0,12	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-
Фрезеровать поверхность 10			0,03	0,12	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-
Фрезеровать отверстие 6			0,02	0,12	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-
Фрезеровать поверхность 11			0,04	0,12	-
Фрезеровать поверхность 12			0,04	0,12	-
Фрезеровать поверхность 1			0,04	0,12	-
Фрезеровать 6 отверстий 4			0,06	0,72	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-
Центровать 2 отверстия 3			0,02	0,24	-
Центровать 6 отверстий 2			0,06	0,72	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-
Центровать 3 отверстия 5			0,03	0,36	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-
Сверлить 6 отверстий 2			0,01	0,72	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-
Сверлить 3 отверстия 5			0,01	0,36	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4
Сверлить 2 отверстия 3	0,01	0,24	-
Сверлить 2 отверстия 8	0,01	0,24	-
Нарезать резьбу 6 отверстий 2	0,02	0,72	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Нарезать резьбу 3 отверстия 5	0,03	0,36	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Фрезеровать 2 отверстия 7	0,05	0,24	-

Таблица 18 – Описание технологической операции 020 Комплексная на ОЦСФР HAAS EC-500 с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тн-3	Тшт.к = f(n)		Сшт.=f(n)
			Км		
020 Комплексная	10,64	45	10,64+45/n	35	123+519,75/n
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Туст,мин
1			2	3	4
Установить в УСП			-	-	0,35
Фрезеровать фаску в отверстии 8			0,08	0,12	-
Притупить ребра в отверстии 4			0,1	0,12	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-
Притупить ребра в отверстии 9			0,1	0,12	-
Повернуть стол на 54 <sup>0</sup>			-	0,04	-
Фрезеровать поверхность 2			0,25	0,12	-
Повернуть стол на 54 <sup>0</sup>			-	0,04	-
Фрезеровать поверхность 10			0,32	0,12	-
Повернуть стол на 108 <sup>0</sup>			-	0,08	-
Фрезеровать поверхность 5			0,32	0,12	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-
Фрезеровать поверхность 7			0,29	0,12	-
Фрезеровать фаску в отверстие 8			0,01	0,13	-
Повернуть стол на 72 <sup>0</sup>			-	0,05	-

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4
Подрезать торец 11	0,75	0,12	-
Расточить канавку 12	0,5	0,12	-
Расточить отверстие 9	0,08	0,12	-
Повернуть стол на 108 <sup>0</sup>	-	0,08	-
Расточить отверстие 4	0,08	0,12	-
Фрезеровать отверстие 3	0,04	0,12	-
Фрезеровать отверстие 8	0,08	0,12	-
Нарезать резьбу 8	0,07	0,12	-
Повернуть стол на 54 <sup>0</sup>	-	0,04	-
Центровать 2 отверстия 1	0,02	0,24	-
Повернуть стол на 54 <sup>0</sup>	-	0,04	-
Центровать 2 отверстия 13	0,02	0,24	-
Повернуть стол на 126 <sup>0</sup>	-	0,09	-
Центровать отверстие 14	0,01	0,12	-
Повернуть стол на 126 <sup>0</sup>	-	0,09	-
Сверлить 2 отверстия 1	0,02	0,24	-
Повернуть стол на 126 <sup>0</sup>	-	0,09	-
Сверлить 2 отверстия 13	0,02	0,24	-
Повернуть стол на 54 <sup>0</sup>	-	0,04	-
Сверлить 4 отверстия 16	0,02	0,48	-
Повернуть стол на 108 <sup>0</sup>	-	0,08	-
Сверлить 4 отверстия 17	0,02	0,48	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Сверлить отверстие 14	0,01	0,12	-
Повернуть стол на 72 <sup>0</sup>	-	0,05	-
Нарезать резьбу 4 отверстия 16	0,04	0,48	-
Повернуть стол на 108 <sup>0</sup>	-	0,08	-
Нарезать резьбу 4 отверстия 17	0,04	0,48	-
Повернуть стол на 54 <sup>0</sup>	-	0,04	-

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4
Нарезать резьбу 2 отверстия 1	0,03	0,24	-
Повернуть стол на 126 <sup>0</sup>	-	0,09	-
Нарезать резьбу 2 отверстия 13	0,02	0,24	-

Таблица 19 – Описание технологической операции 030 Комплексная на ОЦФР HAAS EC-500 с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)		
					То, мин.	Тв, мин.	Туст,мин
030 Комплексная	3,11	45	3,11+45/n	35	35,9+519,75/n		
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Туст,мин		
Установить в УСП			-	-	0,35		
Центровать 4 отверстия 1			0,04	0,48	-		
Центровать 3 отверстия 2			0,03	0,36	-		
Сверлить 4 отверстия 1			0,04	0,48	-		
Сверлить 3 отверстия 2			0,03	0,36	-		
Нарезать резьбу 4 отверстия 1			0,06	0,48	-		
Нарезать резьбу 3 отверстия 2			0,04	0,36	-		

### 2.8.3 Описание технологических операций по технологическому процессу с применением OKUMA MU-400VA

Таблица 20 – Описание технологической операции 010 Комплексная на ОЦФР OKUMA MU-400VA с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)		
					То, мин.	Тв, мин.	Туст,мин
010 Комплексная	7,79	45	7,79+45/n	35	90+519,75/n		
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Туст,мин		
1			2	3	4		
Установить в УСП			-	-	0,35		
Фрезеровать поверхность 9			0,02	0,12	-		

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Фрезеровать поверхность 10	0,03	0,12	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Фрезеровать отверстие 6	0,02	0,12	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Фрезеровать поверхность 11	0,04	0,12	-
Фрезеровать поверхность 12	0,04	0,12	-
Фрезеровать поверхность 1	0,04	0,12	-
Фрезеровать 6 отверстий 4	0,06	0,72	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Центровать 2 отверстия 3	0,02	0,24	-
Центровать 6 отверстий 2	0,06	0,72	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Центровать 3 отверстия 5	0,03	0,36	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Сверлить 6 отверстий 2	0,01	0,72	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Сверлить 3 отверстия 5	0,01	0,36	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Сверлить 2 отверстия 3	0,01	0,24	-
Сверлить 2 отверстия 8	0,01	0,24	-
Нарезать резьбу 6 отверстий 2	0,02	0,72	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Нарезать резьбу 3 отверстия 5	0,03	0,36	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>	-	0,13	-
Фрезеровать 2 отверстия 7	0,05	0,24	-

Таблица 21 – Описание технологической операции 020 Комплексная на ОЦСФР OKUMA MU-400VA с указанием трудоемкости и стоимости

Наименование технологической операции	Тн.шт.	Тп-3	Тшт.к = f(n)	Км	Сшт.=f(n)
020 Комплексная	12,22	45	12,22+45/n	35	141+519,75/n
Наименование переходов			То, мин.	Тв, мин.	Туст,мин
1			2	3	4
Установить в УСП			-	-	0,35
Фрезеровать фаску в отверстии 8			0,08	0,12	-
Притупить ребра в отверстии 4			0,1	0,12	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-
Притупить ребра в отверстии 9			0,1	0,12	-
Повернуть стол на 54 <sup>0</sup>			-	0,04	-
Фрезеровать поверхность 2			0,25	0,12	-
Повернуть стол на 54 <sup>0</sup>			-	0,04	-
Фрезеровать поверхность 10			0,32	0,12	-
Повернуть стол на 108 <sup>0</sup>			-	0,08	-
Фрезеровать поверхность 5			0,32	0,12	-
Повернуть стол на 180 <sup>0</sup>			-	0,13	-
Фрезеровать поверхность 7			0,29	0,12	-
Фрезеровать фаску в отверстие 8			0,01	0,13	-
Повернуть стол на 72 <sup>0</sup>			-	0,05	-
Подрезать торец 11			0,75	0,12	-
Расточить канавку 12			0,5	0,12	-
Фрезеровать отверстие 9			0,08	0,12	-
Повернуть стол на 108 <sup>0</sup>			-	0,08	-
Фрезеровать отверстие 4			0,08	0,12	-
Фрезеровать отверстие 3			0,04	0,12	-
Фрезеровать отверстие 8			0,08	0,12	-
Нарезать резьбу 8			0,07	0,12	-
Повернуть стол на 54 <sup>0</sup>			-	0,04	-
Центровать 2 отверстия 1			0,02	0,24	-

Продолжение таблицы 21

1	2	3	4
Повернуть стол на $54^0$	-	0,04	-
Центровать 2 отверстия 13	0,02	0,24	-
Повернуть стол на $126^0$	-	0,09	-
Центровать отверстие 14	0,01	0,12	-
Повернуть стол на $90^0$	-	0,6	-
Центровать 4 отверстия 12	0,04	0,04	-
Центровать 3 отверстия 15	0,03	0,03	-
Повернуть стол на $126^0$	-	0,09	-
Сверлить 2 отверстия 1	0,02	0,24	-
Повернуть стол на $126^0$	-	0,09	-
Сверлить 2 отверстия 13	0,02	0,24	-
Повернуть стол на $54^0$	-	0,04	-
Сверлить 4 отверстия 16	0,02	0,48	-
Повернуть стол на $108^0$	-	0,08	-
Сверлить 4 отверстия 17	0,02	0,48	-
Повернуть стол на $180^0$	-	0,13	-
Сверлить отверстие 14	0,01	0,12	-
Повернуть стол на $90^0$	-	0,6	-
Сверлить 4 отверстия 12	0,04	0,48	-
Сверлить 3 отверстия 15	0,03	0,36	-
Повернуть стол на $72^0$	-	0,05	-
Нарезать резьбу 4 отверстия 16	0,04	0,48	-
Повернуть стол на $108^0$	-	0,08	-
Нарезать резьбу 4 отверстия 17	0,04	0,48	-
Повернуть стол на $54^0$	-	0,04	-
Нарезать резьбу 2 отверстия 1	0,03	0,24	-
Повернуть стол на $126^0$	-	0,09	-
Нарезать резьбу 2 отверстия 13	0,02	0,24	-

## 2.8.4 Сравнение вариантов технологического процесса изготовления детали «Корпус» по показателям трудоемкости и стоимости

По итогам заполнения таблиц 4-21, имеем три системы уравнений:

$$\sum T_{шт.к,1} = 124 + 156/n \quad \sum T_{шт.к,2} = 21,54 + 135/n \quad \sum T_{шт.к,3} = 20 + 90/n$$

$$\sum C_{шт,1} = 189,67 + 1050,5/n \quad \sum C_{шт,2} = 248,9 + 1559,25/n \quad \sum C_{шт,3} = 231 + 1039,5/n$$

После преобразования получаем две системы уравнений:

$$\sum T_{шт.кД} = 124 + 156/n \quad \sum C_{шт,1} = 189,67 + 1050,5/n$$

$$\sum T_{шт.к,2} = 21,54 + 135/n \quad \sum C_{шт,2} = 248,9 + 1559,25/n$$

$$\sum T_{шт.к,3} = 20 + 90/n \quad \sum C_{шт,3} = 231 + 1039,5/n$$

Для нахождения общих решений уравнений первой системы ( $\sum T_{шт.к}$ ) попарно их приравняем:

$$124 + 156/n = 21,54 + 135/n;$$

$$124 + 156/n = 20 + 90/n;$$

$$21,54 + 135/n = 20 + 90/n.$$

Решая каждое из уравнений системы мы не находим положительных значений «n». Это означает, что уравнения не имеют общих решений.

Подобным образом ищем общие решения уравнений второй системы ( $\sum C_{шт}$ ). В результате приходим к такому же выводу.

Выполняя соответствующие вычисления, сводим результаты в таблицу 22.

Таблица 22 – Сравнение вариантов ТП

n	1	2	3	4	5	6	7	10	20	30
Tшт.к 1	280	202	176	163	155	150	146	140	132	129
Tшт.к 2	156	89	67	55	48	44	40	35	28	26
Tшт.к 3	110	65	50	42	38	35	33	29	25	23
Cшт.1	1240	715	540	453	400	365	340	295	242	225
Cшт.2	1808	1028	769	638	560	508	471	404	327	300
Cшт.3	1270	750	578	491	440	404	380	335	283	265

Tшт.к. 1- Трудоемкость по базовому ТП

Tшт.к. 2- Трудоемкость с применением станков HAAS EC-500

Tшт.к. 3- Трудоемкость с применением станков AKUM MU-400VA

Сшт. 1- Стоимость по базовому ТП

Сшт. 2- Стоимость с применением станков HAAS EC-500

Сшт. 3- Стоимость с применением станков AKUM MU-400VA

Строим графики сравнения технологических процессов по трудоемкости и стоимости изготовления детали Корпус.

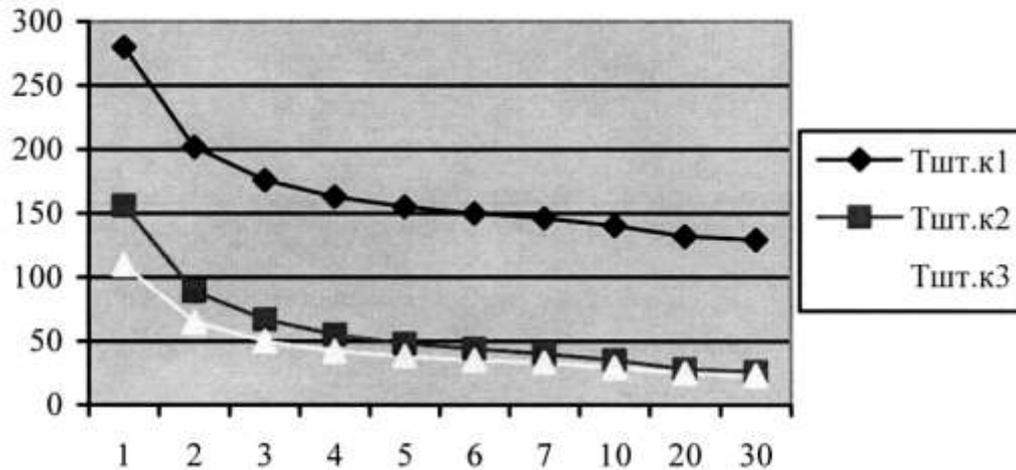


Рисунок 13 - Сравнение вариантов технологических процессов по трудоемкости

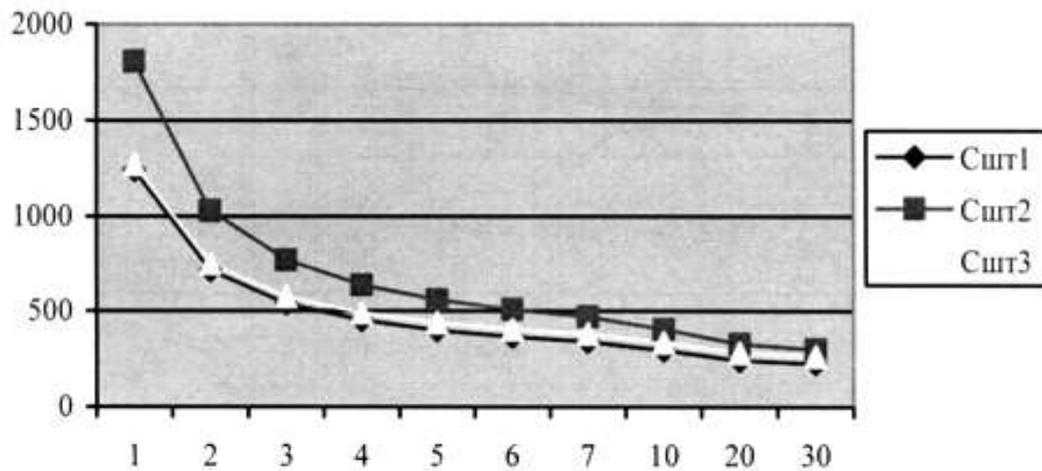


Рисунок 14 - Сравнение вариантов ТП по стоимостным затратам

Все графики, независимо от параметра сравнения и варианта технологического процесса, имеют вид гиперболических зависимостей. С увеличением числа деталей,

единовременно запускаемых в производство, трудоемкость и стоимость изготовления одной детали не линейно уменьшаются. При числе деталей в партии 20 штук и более, уменьшение трудоемкости и стоимости стабилизируется и происходит незначительно. По показателю штучно-калькуляционного времени, независимо от количества деталей в партии, предпочтительнее технологический процесс с применением станков АКУМ.

MU-400VA. По показателю штучной стоимости, независимо от количества деталей в партии, предпочтительнее базовый технологический процесс с применением станков MC-032 и традиционных станков.

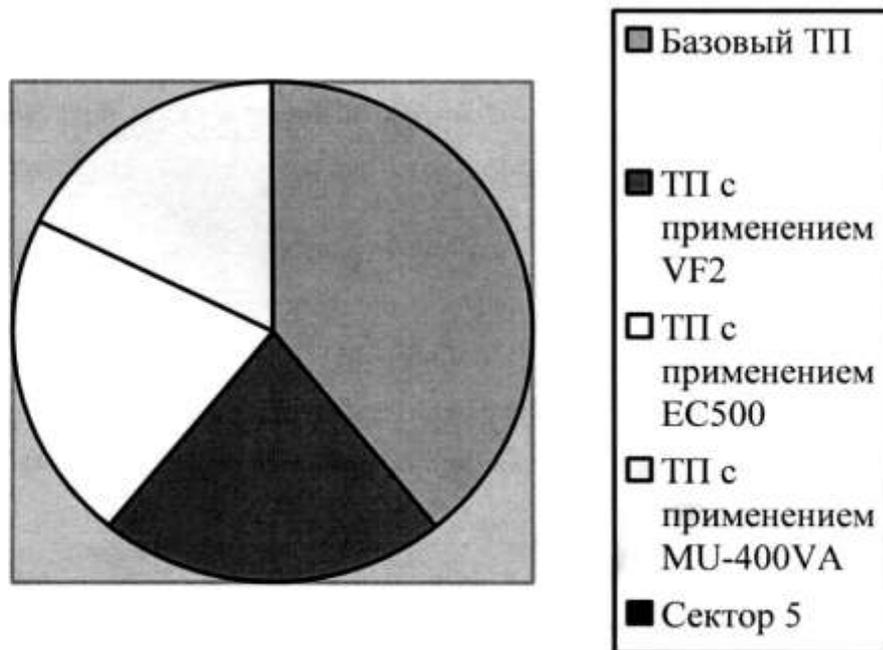


Рисунок 15 – Сравнение вариантов ТП по количеству механообрабатывающих операций

Произведя сравнение всех вариантов технологических процессов исходя из показателей трудоемкости и стоимостных затрат, а так же наличия оборудования предлагаем использовать вариант технологического процесса с использованием станков HAAS EC-500. Операционное и маршрутное описание нового варианта ТП представлено в приложении В.

## 3 МОДЕЛЬ СТАНКОВ ECOMILL 450 С ЧПУ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 3.1 Характеристика станка ECOMILL

Быстрый ход до 10 м/мин и пневматический зажим для быстрой смены инструмента компактный фрезерный станок с продуктивным ЧПУ Siemens 808 D станина станка изготовлена из высококачественного серого чугуна высокая жесткость достигается за счет специальной конструкции вертикальной колонны А-формы с закаленными и точно обработанными прямоугольными направляющими линейные направляющие по осям X и Y обеспечивают высокую точность и динамичность мощный главный привод (до 7 кВт) для достижения высокого крутящего момента главного шпинделя во всем диапазоне частоты вращения установлены мощными сервоприводами по всем осям Siemens 808 D ЧПУ: экономичное, простое в обращении, надежное, с сервисным обслуживанием по всему миру, вкл. программное обеспечение для дистанционного программирования открывающийся корпус с боковых и фронтальной сторон позволяет легкий доступ к рабочей зоне для простого оснащения и разгрузки автоматическая централизованная смазка серийная комплектация электронным маховиком, точные характеристики предоставлены в таблице 23.

Стандартные комплектующие ECOMILL 450, рисунок 16.

Siemens 808 D ЧПУ, электронный маховичёк, сервопривод для всех 3 осей, пневмозажим инструмента, закрытая рабочая зона, поддон для стружки, автомат. система центральной смазки, Ethernet, USB разъем, светодиодное рабочее освещение, сервисный инструмент, руководство по эксплуатации.



Рисунок 16 ECOMILL 450

Таблица 23

Рабочая зона	Характеристика
технол. ход, ось X	450 мм
технол. ход, ось Y	300 мм
технол. ход, ось Z	400 мм
размеры стола	920x280 мм
допуст. нагрузка стола	250 кг
T-образные пазы, число	3 шт
T-образные пазы, ширина	14 мм
T-образные пазы, расстояние	85 мм
расстояние торец шпинделя/стол	110 - 510 мм
вылет середина шпинделя/станина	410 мм
Главный шпиндель	
диапазон частоты вращения	100 - 8000 об/мин
зажим шпинделя	BT 40
Подача	
ускоренный ход по оси X	10000 мм/мин
ускоренный ход по оси Y	10000 мм/мин
ускоренный ход по оси Z	8000 мм/мин
рабочая подача по оси X	1 - 5000 мм/мин
рабочая подача по оси Y	1 - 5000 мм/мин
рабочая подача по оси Z	1 - 5000 мм/мин

*Продолжение таблицы 23*

Точность	
точность позиционирования	$\pm 0,01$ mm
точность повтора	$\pm 0,004$ mm
Мощность	
мощность двигателя гл. привода	7 кВт
вращ. момент привода по оси X	6 Нм
вращ. момент привода по оси Y	6 Нм
вращ. момент привода по оси Z	11 Нм
общая потребляемая мощность	15 кВА
Размеры и масса	
габариты	1920x1690x2100 мм
масса <u>EcoMill 450</u>	1900 кг

## 4 ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### Анализ вредных и негативных факторов в цехе

В производстве встречается большое число опасных и вредных производственных факторов. Для их устранения и снижения уровня воздействия на рабочих необходимо разработать принципы и методы обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Принципы обеспечения безопасности труда условно разделяют на четыре класса: ориентирующие, технические, управленческие и организационные.

Ориентирующие принципы определяют направление поиска безопасных решений. При этом используется системность в подходе к решению проблем принцип возможности замены человека в опасной зоне промышленными роботами, принцип сбора информации об объекте и классификации опасностей (например, классификация зданий по пожароопасности), принцип нормирования (нормы освещённости, шума) и некоторые другие. В настоящее время возрастает роль автоматических средств безопасности, например, для предупреждения пожаров, наблюдения за качеством воды и др.

Безопасность жизнедеятельности также зависит от возможности управления системой. При управлении безопасностью жизнедеятельности можно выделить такие стадии:

- анализ и оценка состояния объекта;
- прогнозирование и планирование мероприятий для достижения целей и задач управления БЖД;
- формирование управляемой и управляющей систем;
- контроль над ходом управления безопасностью;
- определение эффекта от запланированных мероприятий;
- стимулирование участников управления творчески решать проблемы управления.

Воздействие ОВПФ на человека можно ослабить или исключить при нормальной организации рабочего места, совершенствовании технологического процесса и дру-

гое. В проектируемом цехе имеются такие опасные и вредные факторы, как электрический ток, шум, вибрация, перепады температуры, физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда, вредные для человека вещества и другое.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения дипломной работы был разработан усовершенствованный технологический процесс (ТП) и организовано серийное производство детали типа «Корпус».

Отсчетной точкой в разработке нового технологического процесса стало наличие прогрессивного оборудования фирмы HAAS (США) в цехе №7, где изготавливалась данная деталь.

В рамках исследовательского раздела был выполнен анализ структуры базового ТП. Динамика его развития показала усовершенствование технологического процесса на более современном оборудовании. Сокращение трудозатрат, а так же времени на изготовления детали.

В конструкторском разделе приведены два варианта усовершенствованного ТП. Так же была разработана планировка цеха, решены вопросы организаций производства и вопросы техники безопасности.

В разделе менеджмента и маркетинга дано обоснование системного подхода к управлению производством.

Данная дипломная работа полностью раскрывает поставленную цель, с наименьшими затратами для реального производства, дает представление о новейших технологиях в области приборостроения и машиностроения, осуществляет грамотный подход к организации производства, решает вопросы техники безопасности на производстве.

