

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Факультет «Машиностроение»
Кафедра «Технологии автоматизированного машиностроения»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ В.И. Гузеев
_____ 2020 г.

Проектирование и разработка типовых технологических процессов для
деталей типа «Крышка ступицы гребного винта»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-150305.2020.575.00 ПЗ ВКР

Нормоконтролер
Болдырев И.С.
_____ 2020 г.


Руководитель
_____ Шипулин Л.В.
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы П-453
_____ Маслов П.Е.
_____ 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Маслов П. Е. Проектирование и разработка типовых технологических процессов для деталей типа «Крышка ступицы гребного винта»: Выпускная квалификационная работа. – Челябинск: ЮУрГУ, 2020. – 64 с., 77 ил., 12 табл., библиографический список – 14 наименований.

В записке описан узел (винто-рулевая колонка), в котором работает деталь «Крышка ступицы гребного винта», ее назначение и условия эксплуатации; служебное назначение детали и технические требования, предъявляемые к ней. Выполнен обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для роботостроения. Сформированы цели и задачи проектирования. Выполнены: технологическая и конструкторская части. Выбран состав и произведен расчет станочного комплекса ГПУ для заданной детали и произведено проектирование схемы планировки оборудования и систем ГПУ. Разработана планировка участка механической обработки для спроектированного варианта технологического процесса. Рассмотрены мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а также мероприятия по пожарной безопасности

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453ПЗ ВКР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Маслов П.Е.			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Шипулин Л.В.				2	94
Реценз.					ЮУрГУ Кафедра ТАМ		
Н. Контр.		Болдырев И.С.					
Утв.		Гузев В.И.					
					Конструкторско-технологическое обеспечение изготовления детали «Крышка ступицы гребного винта»		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	6
1.1 Назначение и описание работы винто-рулевой колонки	6
1.2 Служебное назначение детали «Крышка ступицы гребного винта» и технические требования, предъявляемые к детали.	7
1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технических решения для отрасли судостроения	9
1.4 Формирование целей и задач проектирования.....	10
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	11
2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско- технологической подготовке действующего производства	11
2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса.....	11
2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента	11
2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса.....	18
2.1.4 Выводы по разделу	20
2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Крышка ступицы гребного винта»	21
2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки.....	21
2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования	21
2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта технологического процесса.....	24
2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса	26
2.2.5 Расчёт режимом резания и норм времени на все операции проектного варианта технологического процесса	28
2.2.6 Выводы по разделу	31
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	32

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки	32
3.2 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента	35
3.3 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента	46
3.4 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля	57
4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	65
4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали	65
4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка	67
4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы	70
4.4 Базирование заготовки и готовой детали в промышленном роботе и промежуточном накопителе	79
4.6 Анализ производительности автоматизированной системы	81
5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ	82
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	83
6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда	83
6.2 Мероприятия по электробезопасности	85
6.3 Мероприятия по пожарной безопасности	87
7 ВЫВОДЫ ПО КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ	Error! Bookmark not defined.
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	90

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью отрасли технологии машиностроения в наше время является то, что она опирается на работы, которые ведутся в учебных заведениях и на заводских предприятиях.

В результате полученных данных от учёных и передовых рабочих производств при работе на металлорежущих станках применяются оптимальные режимы резания, подходящая геометрия инструмента, разрабатываются рациональные технологические процессы. На основе этого повышается производительность труда.

Для достижения высокого уровня производительности необходимо обеспечить высокий темп развития технического прогресса и ускорить его внедрение в машиностроение.

Перед машиностроением поставлена задача в повышении качества выпускаемых изделий и технико-экономических показателей.

Предметом исследования в технологии машиностроении являются: выбор заготовок, виды обработки, качество и точность обрабатываемых поверхностей, способа базирования заготовок, процессы сборки.

Основным направлением развития современной технологии является переход от прерывистых технологически процессов к непрерывным автоматизированным. Которые обеспечивают повышение качества изделий, увеличение масштаба производства с безотходной технологии, создание гибких производственных систем с большим применением роботов и роботизированных технологических комплексов в машиностроении.

Машиностроение в России развивается достаточно быстрыми темпами, однако, этого не хватает, для того, чтобы отвечать требованиям, предъявляемым к конечной продукции, чтобы оставаться конкурентоспособными на современном рынке.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение и описание работы винто-рулевой колонки

Винто-рулевая колонка (ВРК) – это основное современное устройство, которое используется для передвижения и маневрирования морских судов.

ВРК (рисунок 1.1) объединяют в себе пропульсивную (гребную) установку и рулевое устройство.

Рисунок 1.1 – Винто-рулевая колонка

Главный двигатель приводит в движение гребной винт при помощи короткого валопровода и двух валов (приводного и гребного), расположенных внутри корпуса винто-рулевой колонки. Управление судном происходит путём поворота гребного вала (изменяется направление упора) вокруг вертикальной оси ВРК с помощью поворотной трубы. Она выполняет роль баллера и вращается с помощью специального гидропривода.

Использование ВРК в качестве судовых азимутальных движителей уже давно является стандартным решением для многих типов судов. Более того, в последнее время ВРК успешно применяют на тех видах судов, где классические валовые линии еще недавно были безальтернативным вариантом. Начиная с такого классического для ВРК сегмента, как портовые буксиры, далее получив развитие в таких сегментах, как офшорные суда, небольшие паромы,

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВРК</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

специальный технический флот и т.п., данный тип пропульсивных устройств успешно начал работать на линейных судах внутренних водных путей и сегодня начинает использоваться уже и на рыболовном флоте. Если же при этом судну большую часть эксплуатации требуется повышенная маневренность или удержание позиции, то применение азимутальных движителей является единственным правильным решением. Основное преимущество ВРК – это не просто повышенная маневренность, а маневренность совсем другого уровня, которую получает судно. Даже на самых малых скоростях весь упор можно направить в любом направлении, задав судну соответствующий вектор движения, и, при необходимости, быстро изменить его.

1.2 Служебное назначение детали «Крышка ступицы гребного винта» и технические требования, предъявляемые к детали.

Деталь «Крышка ступицы гребного винта» (рисунок 1.2, 1.3) служит для защиты и гидроизоляции узла крепления между стопорной гайкой, валом гребного винта и ступицы, а также для удержания в самом винте смазочных материалов.

Рисунок 1.2 – 3Д модель детали «Крышка ступицы гребного винта»

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

Рисунок 1.3 Чертёж детали «Крышка ступицы гребного винта»

При изготовлении корпусных деталей необходимо рассматривать комплекс технологических задач, учитывающих особенности обработки плоских поверхностей и их различных сочетаний. При этом точность обработки плоских поверхностей определяется следующими основными показателями:

- параллельность отдельных поверхностей между собой;
- точность расположения поверхностей под требуемыми углами;
- точность расстояний между отдельными поверхностями;
- чистота обработки поверхностей;
- качество поверхностного слоя, его способностью сохранять точность и износоустойчивость в процессе эксплуатации.

Деталь «Крышка ступицы гребного винта» изготавливается из стали 08Х14НДЛ. Химический состав стали В состав стали 08Х14НДЛ ГОСТ 977-88 входит[1]: углерод до 0,08%; кремний до 0,4%; марганец 0,5-0,8%; никель 1,2-1,6%; сера до 0,025%; фосфор до 0,025%; хром 13-14,5%; медь 0,8-1,2%.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

Твёрдость заготовки не более 241 НВ.

Самым точным размером является: $\varnothing 1080\text{H}8$. Выполнение данного размера необходимо для лучшей сборки узла и подгонке соприкасающихся поверхностей. Так же в местах соприкосновения деталей задана шероховатость Ra 1.6 мкм и Ra 3.2 мкм для того, чтобы увеличить износостойкость от истирания, повысить прочность, герметичность соединений.

1.3 Аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технических решения для отрасли судостроения

Группа компаний Schottel в г. Шпай (Германия) является одним из ведущих мировых производителей рулевых пропульсивных систем для судов и оффшорных платформ. Основанная почти сто лет назад, компания в течение семидесяти лет разрабатывает и производит азимутальные винторулевые колонки и комплектные пропульсивные решения мощностью до 30 МВт для судов всех размеров и типов. Около сотни представительств компании по всему миру обеспечивают близость к заказчику.

С 2011 года компания Schottel нацелилась на расширение международной сети. Это получило дальнейшее развитие с созданием компании в России. Сегодня ООО "Шоттель" отвечает за все новые проекты в СНГ и странах Балтии, а также за сервисную поддержку уже построенных судов на протяжении их жизненного цикла.

Винторулевые колонки сегодня можно встретить на широком спектре судов — от роскошных яхт и судов высокого ледового класса до сухогрузов, оффшорных судов и портовых буксиров. Большой вклад в развитие технологии внесла немецкая компания Schottel.

Винторулевая колонка типа SRP 460 является одним из самых популярных продуктов компании в мире и, в основном, используется в буксирах с максимальной мощностью до 2350 кВт на ВРК. Однако одним из самых поставляемых изделий в Россию является винторулевая колонка Schottel

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

типа SRP 340 (с входной мощностью до 1200 кВт), она нашла применение на грузовых судах.

1.4 Формирование целей и задач проектирования

Целью курсового проекта является разработка нового варианта технологического процесса изготовления детали «Крышка ступицы гребного винта», отличающегося по ряду конструкторских и технологических показателей.

Задачами являются:

- описать назначение и условия эксплуатации узла «винто-рулевая колонка»;
- описать служебное назначение детали «крышка ступицы гребного винта» и технические требования, предъявляемые к детали;
- провести аналитический обзор и сравнение зарубежных и отечественных технологических решений для отрасли судостроения;
- проанализировать существующую конструкторско-технологическую подготовку действующего производства;
- спроектировать новый технологический процесс изготовления детали «Крышка ступицы гребного винта» в условиях серийного конкурентоспособного производства;
- провести аналитический обзор и выбрать технологическую оснастку;
- спроектировать и рассчитать станочное приспособление;
- провести аналитический обзор и выбрать режущий инструмент;
- спроектировать и рассчитать применяемый режущий инструмент;
- спроектировать операции технического контроля и выбрать измерительное оборудование.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ существующей на предприятии документации по конструкторско-технологической подготовке действующего производства

2.1.1 Анализ операционных карт действующего технологического процесса

Проведённый анализ оформления заводской технологической документации по данной детали показал, что операционные карты технологического процесса не соответствует ГОСТ 3.1402-84. По причине того, что на предприятии АО «КОНАР» вся технологическая документация выполнена в соответствии с внутренним стандартом предприятия.

2.1.2 Анализ технологического оборудования, применяемой технологической оснастки и режущего инструмента

На 010 фрезерной с ЧПУ операции выполняется подготовка технологической базы для последующей обработки и сверлятся отверстия под рым-болты. Схема установки для данной операции представлена на рисунке 2.1. Заготовку «Крышки ступицы гребного винта» устанавливают на литейные уступы на домкраты и выставляют с точностью 1 мм, после выставления прижимают прихватами.

Рисунок 2.1 – Схема выставления заготовки «Ступица гребного винта» для 010 фрезерной с ЧПУ операции

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Эскиз данной операции представлен на рисунке 2.2.

сменными пластинами SOMX084005-UM; фреза TM2SC 25W23-70-2U со сменными пластинами 2UIDC60 TM VTX.

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-3-500-1250-0.1 ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-1-150-0,01 ГОСТ 166-9; Калибр пробка М30х3,5-6Н ПР, НЕ.

На 015 токарной операции выполняется предварительная обработка наружного контура сферы, подготовка технологической базы для следующие операции. Эскиз данной операции представлен на рисунке 2.3.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

Применяемое станочное оборудование: токарно-карусельный станок
1532.

1532.

Станочные приспособления: четырёх кулачковый патрон.

Комплект баз: установочная, опорная.

Режущий инструмент: державка DCLNL 4040S 19 со сменной пластиной
CNMG 19 06 16-MR 2220; державка DCLNL 4040S 12 CNMG 12 04 08-MF 2015.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-3-500-1250-0.1 ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-1-150-0,01 ГОСТ 166-9



Рисунок 2.5 – Эскиз 025 токарной операции

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

Применяемое станочное оборудование: токарно-карусельный станок 1532.

Станочные приспособления: четырёх кулачковый патрон.

Комплект баз: установочная, опорная.

Режущий инструмент: державка DCLNL 4040S 19 со сменной пластиной CNMG 19 06 16-MR 2220; державка DCLNL 4040S 12 CNMG 12 04 08-MF 2015;

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-3-500-1250-0.1 ГОСТ 166-8; набор образцов шероховатостей Ra 0.8-Ra 12.5 Т.

На 030 фрезерной с ЧПУ операции выполняется сверлений 12 отверстий Ø39 по контуру детали и обработка цековок. Схема установки детали на данной

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15

Применяемое станочное оборудование: WELE 321.

Станочные приспособления: губки для прижима 6497-73221; опоры.

Комплект баз: установочная, опорная.

Режущий инструмент: фреза плунжерная НТР D040-4-L250-C32-LN10 со сменными пластинами НТР LNHT 1006 ETR IC808; фреза TFM90AN 450-22R-16 со сменными пластинами ANHX160708 R-SM; сверло MVX6300X4F40 со сменными пластинами SOMX 187008-US; Хвостовик IMX16-U16N088L150C с фрезой MX16C4HV160R50016 EP7020; Головка сверла ø38 V46 50380.

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-1-150-0,01 ГОСТ 166-9.

На 035 выполняется сверление отверстий и нарезания в них резьбы: M12x1,5; G1-A; G3/4. Эскиз данной операции представлен на рисунке 2.8.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

Комплект баз: установочная, опорная.

Режущий инструмент: сверло MVX2100X5F25; хвостовик IMX20 с фрезой IMX20S4HV20021 EP7020; державка MG 12-11C25 со сменной пластиной GIQL 11-1.40-0.05 IC528; фреза TM2SC 18C23-86-2U/2UIDB55 (G3/4); фреза TM2SC 18C23-86-2U/2UIDL55 (G1); сверло MMS10205-DIN-C; Метчик EV10821.240 M12-6H.

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦ-1-150-0,01 ГОСТ 166-9; калибр-пробка G1-A; калибр-пробка G3/4; калибр-пробка M12x1,5.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

2.1.3 Размерно-точностной анализ действующего технологического процесса

Проверочный размерный анализ действующего технологического процесса проводится с целью расчёта припусков и возможности выявления и устранения брака при отрицательных припусках.

Проверочный расчёт размерной цепи предоставлен на рисунке 2.9.

$$1. [37 \dots 38] = -(38 \dots 18) + (18 \dots 37)$$

$$[37 \dots 38] = -548 \pm 0,8 + 560_{-1,75}$$

$$[37 \dots 38] = 12_{-2,55}^{+0,8} \text{ мм}$$

$$[37 \dots 38]_{min} = 12 - 2,55 = 9,45 \text{ мм}$$

$$Df + Rz = 0,08 + 0,08 = 0,16 \text{ мм}$$

Припуск 1 завышен на 9,29 мм

$$2. [17 \dots 18] = -(18 \dots 37) + (37 \dots 17)$$

$$[17 \dots 18] = -560_{-1,75} + 578 \pm 0,5$$

$$[17 \dots 18] = 18_{-0,5}^{+2,25} \text{ мм}$$

$$[17 \dots 18]_{min} = 18 - 0,5 = 17,5 \text{ мм}$$

Припуск 2 завышен на 17,34 мм

$$3. [37 \dots 36] = (36 \dots 17) - (17 \dots 37)$$

$$[37 \dots 36] = 582 \pm 0,5 - 578 \pm 0,5$$

$$[37 \dots 36] = 4 \pm 1 \text{ мм}$$

$$[37 \dots 36]_{min} = 4 - 1 = 3 \text{ мм}$$

Припуск 3 завышен на 2,84 мм

$$4. [16 \dots 18] = -(18 \dots 36) + (36 \dots 16)$$

$$[16 \dots 18] = -582 \pm 0,5 + 580 \pm 0,875$$

$$[16 \dots 18] = 2 \pm 1,375 \text{ мм}$$

Размерный анализ показал, что все припуски больше минимального допустимого припуска. Следовательно, все линейные размеры попадают в допуски, заданные конструктором, а дефектный слой с предыдущих операций не остаётся на обработанной поверхности.

2.1.4 Выводы по разделу

В действующем технологическом процессе в качестве станочных приспособлений и технологической оснастки используются стандартные и специальные приспособления и оснастка, что эффективно для любых типов производств. В качестве контрольных приспособлений используются стандартные, что тоже эффективно для единичного, мелкосерийного и крупносерийного производства.

После проведения размерного анализа действующего технологического процесса стало видно, что припуски на обработку оказываются больше минимальных необходимых – значит, существующие припуски завышены. Это приводит к увеличению срезаемого в стружку металла и уменьшению КИМ, что неэффективно для любых типов производств.

Действующий технологический процесс можно усовершенствовать, объединив фрезерные и токарные операции, и выполняя обработку на обрабатывающем центре с возможностью точения, растачивания, сверления, развертывания и фрезерования. Эти действия позволят сократить количество операций и переходов, а также время обработки детали, что приведёт к увеличению производительности. Так же уменьшится число рабочих, а значит и уменьшится влияние человеческого фактора на точность обработки и себестоимость детали.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

2.2 Разработка проектного варианта технологического процесса изготовления детали «Крышка ступицы гребного винта»

2.2.1 Аналитический обзор, выбор и обоснование способа получения исходной заготовки

Главным параметром при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяется суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований качества по чертежу.

Материал детали «Крышка ступицы гребного винта» сталь 08Х14НДЛ ГОСТ 977-88, деталь имеет сложную форму и большие габариты, таким образом в качестве исходной заготовки выбирается центробежное литье в кокили.

Данный способ позволяет значительно снизить припуски на механическую обработку, механизировать процесс литья заготовок, повысить показатели механических свойств материала отливки за счет управляемого охлаждения. Основным достоинством центробежного литья является то, что оно позволяет существенно улучшить показатель заполняемости формы расплавом, поскольку на него действует повышенное давление, возникающее под воздействием центробежных сил. Кроме того, в отливках образуется меньше раковин, пор, разнообразных включений, существенно возрастает их плотность. Также еще одним достоинством данного метода является уменьшение расхода металла и повышение такого показателя, как выход годного, по причине отсутствия литниковой системы.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

2.2.2 Аналитический обзор и выбор основного технологического оборудования

При получении заготовки литьём в песчано-глинистые формы механическая обработка выполняется как по наружному, так и по внутреннему контуру детали, таким образом необходимо, чтобы технологическое оборудование могло выполнять операции точения, растачивания, фрезерования, сверления и развёртывания Габариты заготовки «Крышки ступица гребного винта»: $\varnothing 1192 \times 1401 \times 588$ мм.

Данным требованиям удовлетворяет токарно-карусельный обрабатывающий центр TOSHULIN FORCETURN 4000 C1 (рисунок 2.10). Технические характеристики данного оборудования приведены в таблице 2.1.

Рисунок 2.10 – токарно-карусельный обрабатывающий центр TOSHULIN FORCETURN 4000 C1

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

Таблица 2.1 – Технические характеристики токарно-карусельного обрабатывающего центра TOSHULIN FORCETURN 4000 C1

Рабочий диапазон		
Максимальный диаметр периметрического точения	мм	5000
Максимальны диаметр торцевого точения	мм	5000
Максимальное расстояние между рабочей поверхностью планшайбы и зажимной поверхностью засунутого ползуна	мм	3750
Сечение ползуна	мм	400 x 400
Рабочий ход ползуна	мм	3500
Максимальный диаметр изделия	мм	5000
Максимальная высота изделия	мм	3500
Максимальный вес изделия	кг	60000
Планшайба		
Диаметр планшайбы	мм	4000
Диапазон числа оборотов планшайбы (число оборотов, плавно регулируемое в двух степенях)	мин ⁻¹	2-125
1-ая степень	мин ⁻¹	2-31
2-ая степень	мин ⁻¹	6-125
Ручное зажимание на планшайбе		
Максимальное используемое перемещение каретки с зажимным кулачком	мм	60
Перемещение зажимного кулачка на один паз	мм	50
Затяжной момент для достижения зажимного усилия для одного зажимного кулачка	Нм	340
Подачи		
Рабочая подача (режим токарной обработки)	мм/мин	1-4000
Ускоренное перемещение оси X (поперечный суппорт)	мм/мин	20000
Ускоренное перемещение оси Z (ползун)	мм/мин	17000
Привод ротационных инструментов		
Диапазон числа оборотов (число оборотов, плавно регулируемое в двух степенях)	мин ⁻¹	4-3000
1-ая степень	мин ⁻¹	4-600
2-ая степень	мин ⁻¹	601-3000

2.2.3 Формирование операционно-маршрутной технологии проектного варианта технологического процесса

Маршрутный проектный технологический процесс обработки детали «Крышки ступицы гребного винта» представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Маршрутный технологический процесс обработки «Крышки ступицы гребного винта»

№ опер.	Наименование	Оборудование
005	Токарная с ЧПУ	TOSHULIN FORCETURN 4000 C1
010	Токарная с ЧПУ	TOSHULIN FORCETURN 4000 C1
015	Токарная с ЧПУ	TOSHULIN FORCETURN 4000 C1
020	Маркировочная	Стационарный маркиратор TECHNOMARK MULTI 4 V3 600
025	Контрольная	

На 005 токарной с ЧПУ операции выполняется предварительная механическая обработка: формируется технологическая база и сверлятся отверстия под рым-болты. Данные отверстия под рым-болты будем использовать в последующем кантовании детали между операциями. Эскиз

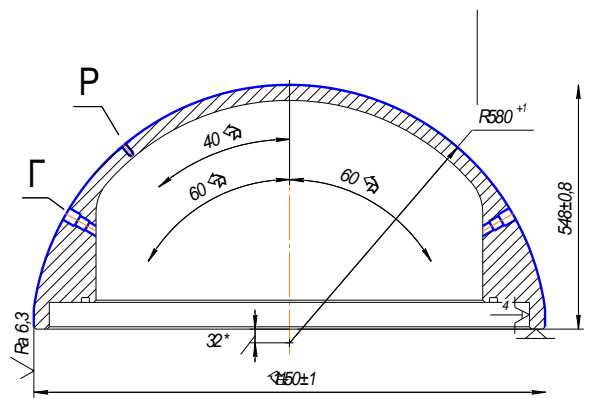
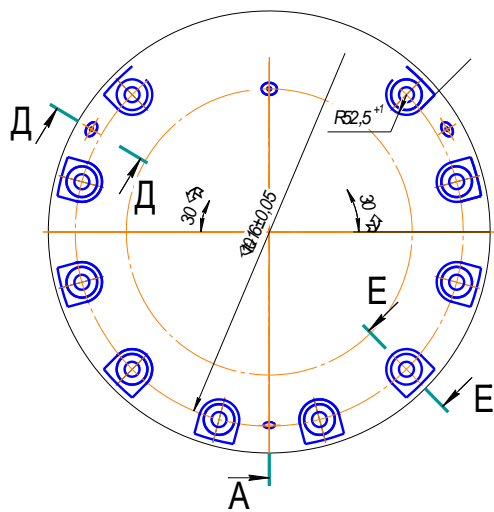


Рисунок 2.13 – Эскиз 015 токарной с ЧПУ операции

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР

Лист

25

2.2.4 Размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса

Размерный анализ проектируемого технологического процесса представлен на рисунке 2.15. Все чертёжные размеры выполняются, замыкающих звеньев нет.

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

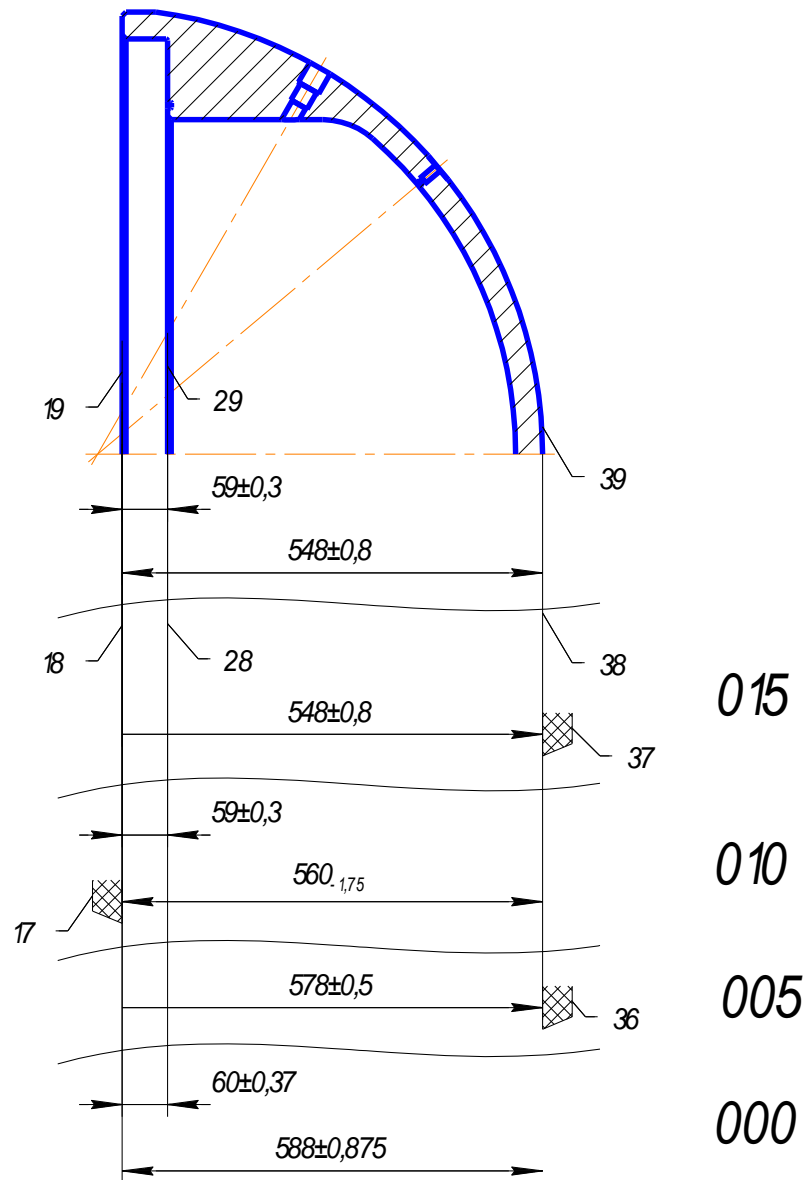


Рисунок 2.15 – Размерная цепь проектируемого технологического процесса

Минимальный необходимый припуск для точения (и для любой другой операции при выбранном способе получения заготовки) рассчитывается по формуле 2.1:

$$z_{min} = Df + Rz \quad (2.1)$$

где Df – величина дефектного слоя, мкм;

Rz – шероховатость с предшествующей операции, мкм.

Для точения: $Df = 60$ мкм; $Rz = 240$ мкм, таким образом:

$$z_{min} = 60 + 240 = 300 \text{ мкм}$$

CNMG 16 06 16-MR 2220

Режущая пластина T-Max® P для точения

Расчет режимов резания

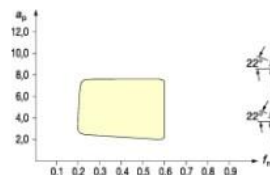
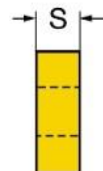
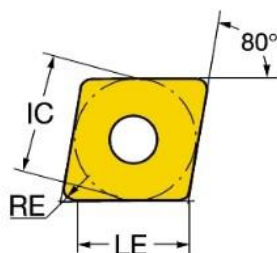
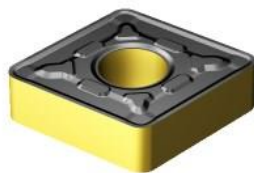
Создать сборку

Добавить в мой каталог

Пластина

Подходящие инструменты (175)

Похожие продукты (139)



ap 4 mm(2-10)

fn 0.4 mm/r(0.15-0.7)

vc 165 m/min(255-115)

Рисунок 2.17 – Рекомендуемые режимы резания пластины CNMG 16 06 16-MR 2220

Рассчитанное время обработки в приложении Walter Machining Calculator умножаем на количество проходов и получаем основное время на выполнения конкретного перехода.

Таким образом, с помощью данного приложения выполнен расчёт режимов резания для каждой операции. Полученные данные сведены в таблицу 2.3, где

t – глубина резания, мм;

V – скорость резания, м/мин;

S – подача, мм/об (мм/зуб);

n – частота вращения, об/мин;

i – количество проходов;

T_0 – основное время, мин.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР

Лист

29

Таблица 2.3 – Режимы резания проектного варианта технологического процесса изготовления «Крышки ступицы гребного винта»

Переход	Режимы резания						
	t, мм	V, м/мин	S, мм/об (мм/зуб)	n, об/мин	i	To, мин	Tвсп, мин
Точение Ø1165 ₋₁ R590 ⁺¹ ; 578 ± 0,5	3	160	0,3	45	7	295,2	1,2
Фрезерование Ø80 ₋₁	2	120	0,1	1000	20	24	0,6
Сверление отверстия Ø26,5; 180±0,5; 64 max	64	110	0,07	1600	4	8,7	0,6
Нарезание резьбы M30-6H; 57 min	3,5	100	0,112	1000	4	13,6	0,6
Тшт:						535,5	
Точение 560 _{-1,75}	3	160	0,3	45	7	12,7	1,2
Точение Ø1080 ^{+0,165} ; 59 ± 0,3; R545 ± 1; R100 ± 1	3	160	0,3	45	9	168,4	0,6
Точение Ø900 _{-0,56} ; 7,9 ± 0,2; 5,1 ± 0,1	2	70	0,1	60	6	36,1	0,6
Тшт:						304,8	
Точение: Ø1150 ± 1; R580 ⁺¹ ; 548 ± 0,8; Ra6,3	3	160	0,3	45	9	367,9	1,2
Фрезерование: 105 ^{+0,54} ; R52,5 ⁺¹ ; Ra 6,3; 118 ± 0,1	2	120	0,15	1200	6	72,6	0,6
Сверление: Ø39 ± 0,3	59	110	0,1	898	1	3,6	0,6
Фрезерование: Ø80 ^{+0,46} ; 23 ± 0,1; Ø40 ^{+0,39} ; 1 ± 0,1;	1-2	90	0,1	1000	1- 12	24,4	0,6
Сверление: Ø10,2;	-	110	0,1	900	3	2,8	0,6

40±0,3; 28±0,2							
Нарезание резьбы: M12x1,75-6H	1,7 5	100	0,06	4000	2	3,1	0,6

Окончание таблицы 2.3

Сверление: Ø20 ^{+0,33}	60	110	0,08	1423	1	1,5	0,6
Фрезерование: Ø24; 55 ± 0,3; Ø30,34; 30±0,2	1,5	96	0,1	1000	5	14,8	0,6
Точение: Ø34,34 ^{+0,2} ; 7 ⁺¹ ; Ø24,17 ^{+0,2} ;	0,5	60	0,02	1500	12	9,5	0,6
Нарезание резьбы: G3/4 A	-	100	0.32	1000	1	1,9	0,6
Нарезание резьбы: G1-A	-	100	0.32	1000	1	1,6	0,6
Тшт:						705,2	

2.2.6 Выводы по разделу

В результате выполнения технологической части был проанализирован действующий технологический процесс изготовления детали «Крышка ступицы гребного винта» и выявлены его недостатки. Спроектирован новый технологический процесс, в котором сократилось количество операций, а значит и время на транспортировочные операции и подготовительно-заключительное время перед операциями механической обработки. Подобрано технологическое оборудование, позволяющие выполнять такие операции, как точение, растачивание, сверление, фрезерование и нарезание резьбы, сформировано маршрутно-операционная технология. Выполнен расчёт размерной цепи, который подтверждает, что по разработанной технологии получится годная деталь, а так же рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции.

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Аналитический обзор и выбор стандартизированной технологической оснастки

Для расширения технологических возможностей станка, повышения производительности и точности при обработке заготовок, облегчения условий труда на станке применяют станочные приспособления. Устанавливаемая на обрабатываемый центр заготовка должна занимать определённое положение по отношению к режущему инструменту. От установки заготовки зависят точность обработки и взаимное расположение обработанных поверхностей. Кроме того, заготовка должна быть прочно и надёжно закреплена.

В нашем случае деталь «Крышка ступицы гребного винта» относится к деталям типа тел вращения и, следовательно, обработка выполняется на токарно-карусельном станке. Таким образом, рационально выполнять базирование заготовки в четырех кулачковом патроне с использованием на операциях 005 и 010 калёных кулачков, которые обеспечат надёжное закрепление заготовки при черновой обработке, а на операции 015 сырых, что не повредит обработанную поверхность. Данный вариант закрепления обеспечивает высокую точность обработки и взаимное расположение обработанных поверхностей. Выделим возможно применимые патроны:

1. Патрон 4-х кулачковый 7103-0011 ГОСТ 3890-82 (рис. 3.1) с использованием калёных кулачков (рис. 3.4) и сырых (рис. 3.5). $D = 1000$ мм; $L = 200$ мм; $H = 135$ мм; $B = 80$ мм.

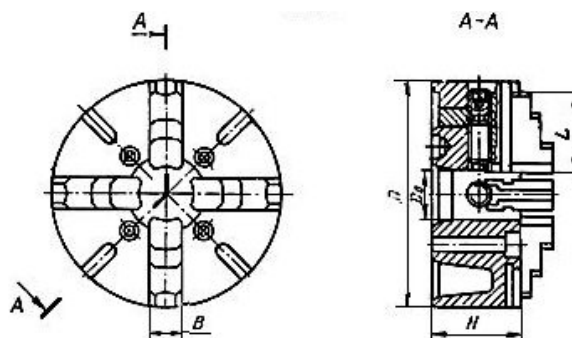


Рисунок 3.1 – Патрон 4-х кулачковый 7103-0011 ГОСТ 3890-82

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2. 4-х кулачковый патрон польской фирмы Bison 2500-1000-560 (рис.3.2) с использованием закаленных кулачков (рис. 3.4) и сырых (рис. 3.5). Имеет возможность механического закрепления детали, что автоматизирует производство.

Рисунок 3.2 – Патрон BISON 2500-1250-560

3. 4-х кулачковая планшайба токарно-карусельного обрабатывающего центра TOSHULIN FORCETURN 4000 C1 (рис. 3.3) с использованием закаленных кулачков (рис. 3.4) и сырых (рис. 3.5). Особенностью данной планшайбы является то, что она также автоматизирована и имеет возможность закреплять заготовку до 4000 мм в диаметре.

Рисунок 3.3 – Планшайба ОЦ TOSHULIN FORCETURN 4000 C1

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

Рисунок 3.4 – Каленый кулачок

Рисунок 3.5 – Сырые кулачки

Таким образом, рациональнее всего использовать планшайбу токарно-карусельного обрабатывающего центра TOSHULIN FORCETURN 4000 C1, так как ОЦ уже оборудован данным приспособлением. Схема базирования заготовки «Крышка ступицы гребного винта» показана на рисунке 3.6.

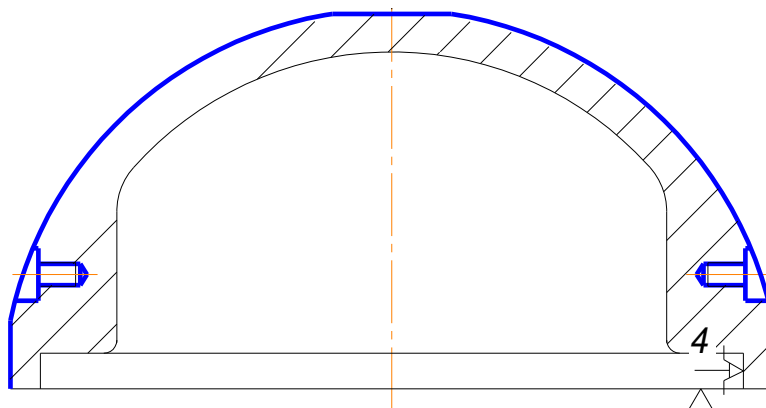


Рисунок 3.6 – Схема базирования на 005 Токарной с ЧПУ операции

Четырёхручачковый патрон лишает заготовку пяти степеней свободы, создавая двойную направляющую базу – ось вращения заготовки и опорную базу (Передавая заготовки крутящий момент при обработке). Шестая точка – опорная база, находится на торцевой поверхности патрона, до упора в которую устанавливается заготовка.

3.2 Аналитический обзор и выбор стандартизированного режущего инструмента

При разработке технологического процесса механической обработки заготовки выбор режущего инструмента, его вида, конструкции и размеров в значительной мере предопределяется методами обработки, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и качества обрабатываемой поверхности заготовки.

Если технологические особенности детали не ограничивают применения высоких скоростей резания, то в таком случае следует применять высокопроизводительные конструкции режущего инструмента, оснащённого твёрдым сплавом, так как практика показала, что это экономически выгодней, чем применение быстрорежущих инструментов. Особенно, это распространяется на резцы (кроме фасонных, малой ширины, автоматных), фрезы, зенкеры, конструкции которых оснащены твёрдым сплавом.

Эскиз детали «Крышка ступицы гребного винта» с обозначением обрабатываемых поверхностей представлен на рисунке 3.7.

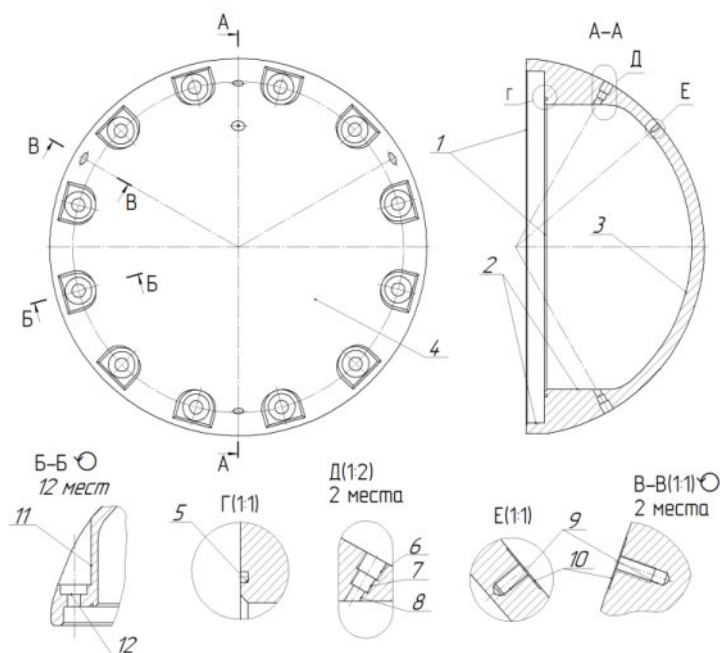


Рисунок 3.7 – Эскиз детали «Крышка ступицы гребного винта» с обозначением обрабатываемых поверхностей

Выбор резца для обработки торцевой поверхности 1 и 4 производится по следующей методике:

- выполняется обработка сферической и внутренних поверхностей;
- квалитет точности IT14 и шероховатость Ra 12,5;
- условия обработки – черновая. Группа применимости – Р 25 (низколегированная сталь)
- так как ведется обработка детали по контуру и условия резания меняются в широких пределах выбираем систему крепления D.
- код формы СМП – С (универсальность и черновая обработка), задний угол $\alpha > 0$ (обработка материала низкой жёсткости), получистовой стружкой G (глубина резания 1.2-12 мм).

Таким образом выбираем проходной резец: C8-DCLNL-55080-16 (рисунок 3.8). [1]

Расшифровка обозначения:

C8 – тип крепления резцедержателя к оправке (Сарто 80мм);

D – система крепления (прижим повышенной жесткости);

C - форма пластины (ромбическая, с углом при вершине 80 град);

L – исполнение державки;

N – задний угол пластины (0);

L – ориентация державки (левая);

55 – функциональная ширина державки;

0 – функциональная высота державки;

80 – функциональная длина державки;

16 – диаметр вписанной окружности пластины.

СМП – CNMG 160612 NMR T8330 (рисунок 3.9).

Расшифровка обозначения:

C – форма пластины (ромбическая);

N – наличие заднего угла (0);

M – класс точности пластины;

G – Обозначение фиксации;

16 - диаметр вписанной окружности 16 мм;

06 – толщина пластины;

12 – радиус при вершине;

NMR – направление подачи и стружколома;

T8330 – номер сплава материала СМП.

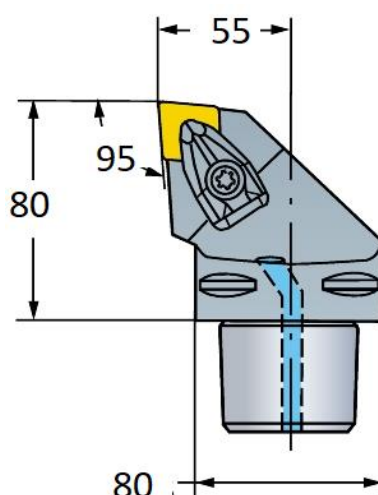


Рисунок 3.8 – Резец проходной C8-DCLNL-55080-16

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР

Лист

37

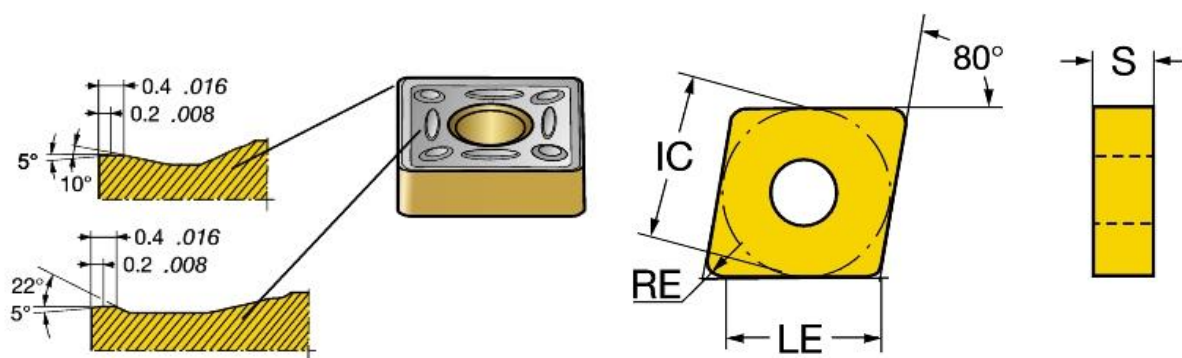


Рисунок 3.9 – Конструктивные параметры СМП

Таблица 3.1 – Конструктивные размеры СМП

Толщина пластины S, мм.	Диаметр вписанной окружности IC, мм.	Радиус при вершине RE, мм.
6	16	1.191

Для черновой обработки внутренней цилиндрической поверхности 2 и внутренней сферической 3 выбираем резец SL-SCLCL-25-09HP (рисунок 3.10) с СМП CNMG 160612 NMR T8330 (рисунок 3.9).

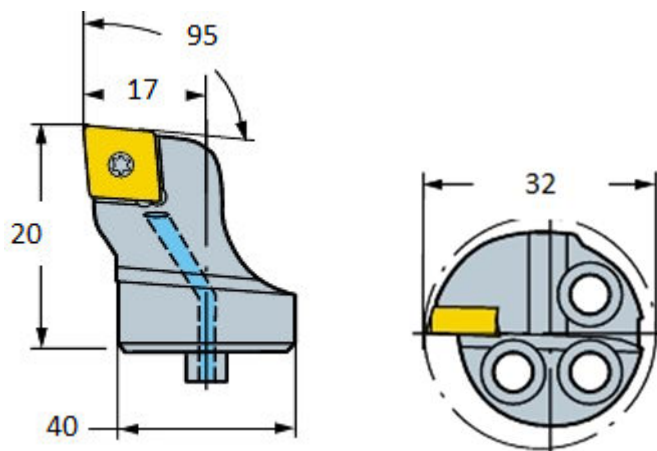


Рисунок 3.10 – Резец расточной SL-SCLCL-40-09HP

Аналогичным образом, определяем инструмент для чистовой обработки поверхности 1, 3 и 4 – выбираем резец контурный C8-DDJNR-55080-15 (рисунок 3.11) с СМП DNMG 150604 PF 4315 (рисунок 3.12).

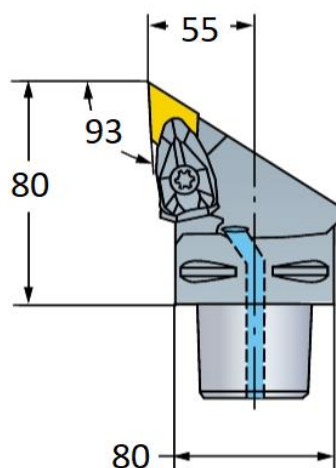


Рисунок 3.11 – Резец проходной С8-DDJNR-55080-15

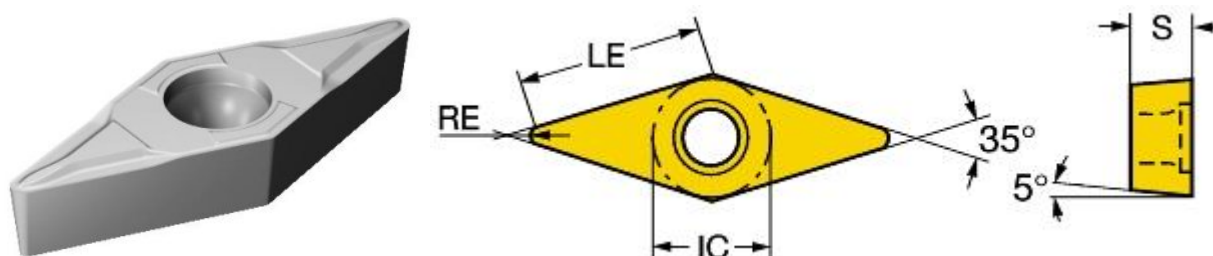


Рисунок 3.12 – Конструктивные параметры пластины

Таблица 3.2 – Конструктивные размеры СМП

Толщина пластины S, мм.	Диаметр вписанной окружности IC, мм.	Радиус при вершине RE, мм.	Длина кромки LE, мм.
6.35	12.7	0.397	15.104

Для обработки поверхности 5 выбираем резец канавочный С8-TCHN (рисунок 3.13) с СМП TDXU 5E-0.8 (рисунок 3.14).

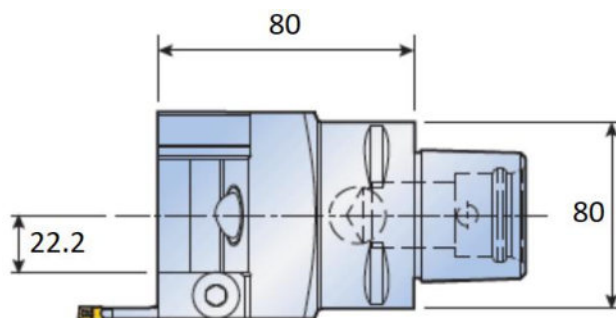


Рисунок 3.13 – Резец канавочный С8-TCHN

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

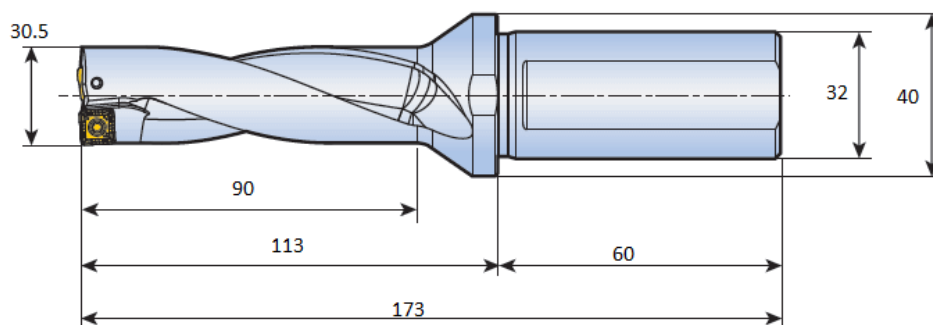


Рисунок 3.16 – Сверло TOP 3305-32T2-09

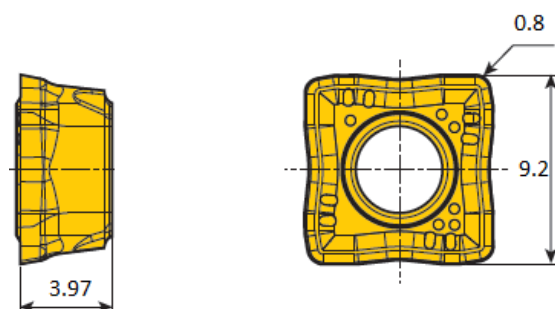


Рисунок 3.17 – Эскиз СМП S0MT 09T308 DP



Рисунок 3.18 – Метчик T300-XM100DK-3/4 B150

Для обработки поверхности 7 используется сверло TCD 240-249-32T2-3D (рисунок 3.19) с СМП TCD-242-P (рисунок 3.20) и метчик G 1-A T300-XM100DK-1 B145 (рисунок 3.21).

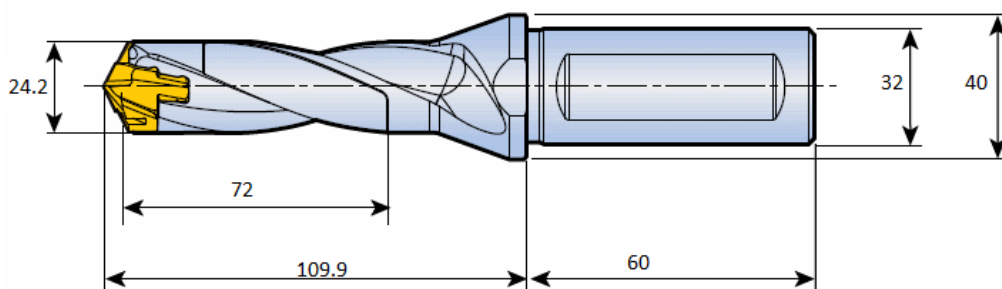


Рисунок 3.19 – Сверло TCD 240-249-32T2-3D

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

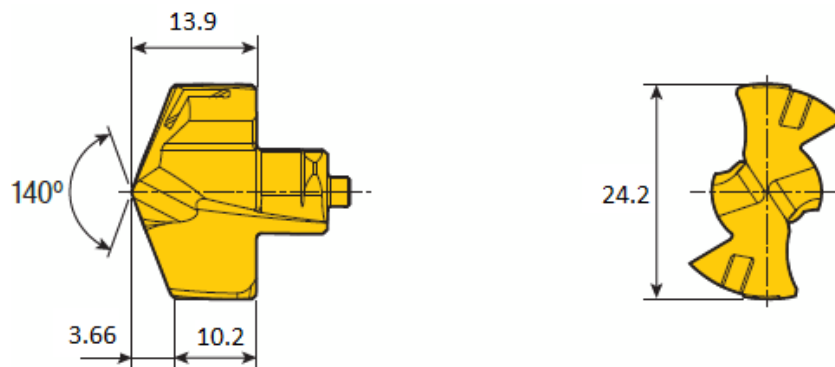


Рисунок 3.20 – Эскиз СМП СМП TCD-242-P

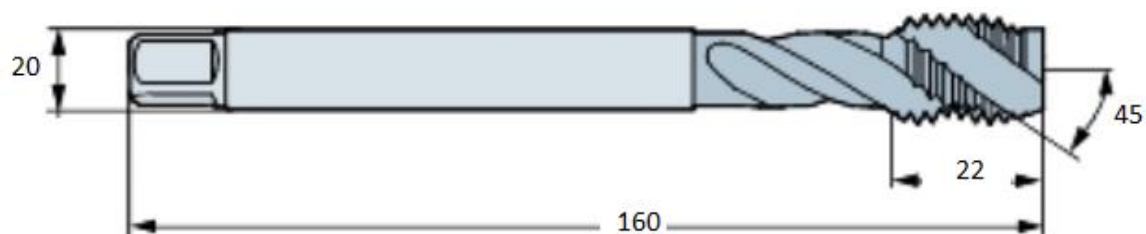


Рисунок 3.21 – Метчик T300-ХМ100DK-1 В145

Для обработки поверхности 8 используется сверло 460.1-2000-060А0-ХМ GC34 (рисунок 3.22).

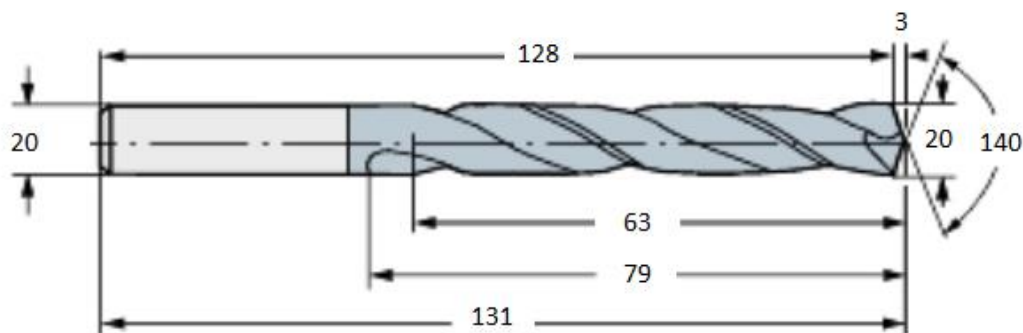


Рисунок 3.22 – Сверло 460.1-2000-060А0-ХМ GC34

Для обработки поверхности 11 используется сверло 460.1-1040-052А1-ХМ GC34 (рисунок 3.23) и метчик M12 T300-NM101DA-M12 В150 (рисунок 3.24).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

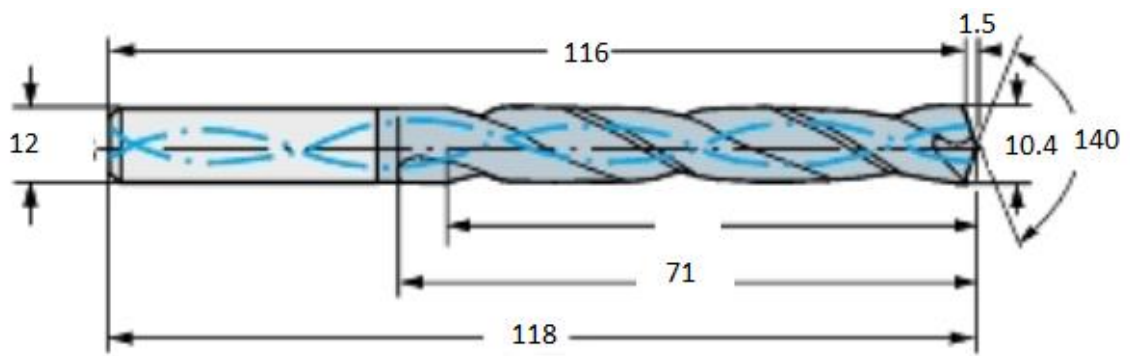


Рисунок 3.23 – Сверло 460.1-1040-052A1-ХМ GC34

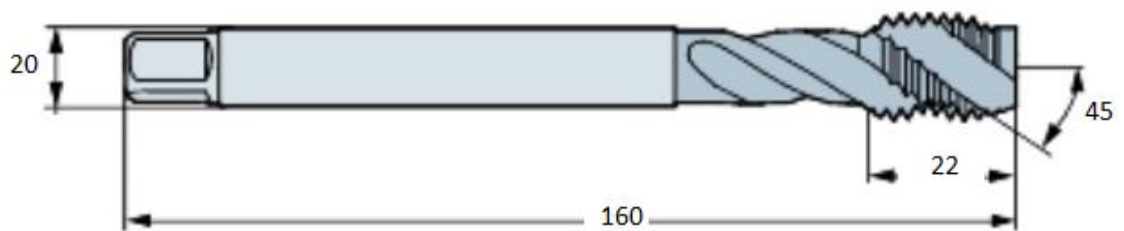


Рисунок 3.24 – Метчик Т300-NM101DA-M12 В150

Для обработки поверхности 13 и 14 выбираем концевую фрезу IMX20S4HV20020 (рисунок 3.25).

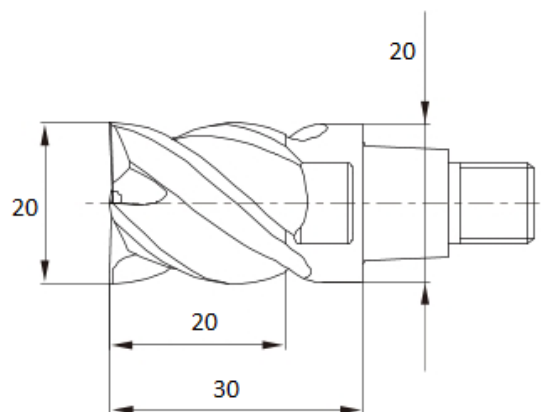


Рисунок 3.25 – Концевая фреза IMX20S4HV20020

Для закрепления инструмента на станке необходимо подобрать технологическую оснастку. Технологическая оснастка закрепляется в шпинделе станка. На выбранном обрабатывающем центре используется тип крепления ВТ

50. Для закрепления резцов, представленных на рисунке 3.8, 3.11 и 3.13 выбираем оправку В50-QC-C8-150 (рисунок 3.26).

Рисунок 3.26 – Оправка В50-QC-C8-150

Для закрепления резца, представленных на рисунке 3.10 и 3.15 выбираем адаптер С8-570-3С 60 568-40R (рисунок 3.27) и оправку В50-QC-C8-150 (рисунок 3.26).

Рисунок 3.27 – Оправка С8-570-3С 60 568-40R

Для закрепления свёрл, представленных на рисунках 3.22 и 3.23 выбираем оправку 392.55823-5032105 (рисунок 3.28).

Рисунок 3.28 – Оправка 392.55823-5032105

Для закрепления свёрл, представленных на рисунках 3.16 и 3.19 выбираем оправку 930-BB50-S-12-085A (рисунок 3.29).

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

Рисунок 3.29 – Оправка 930-BB50-S-12-085А

Для закрепления метчиков, представленных на рисунке 3.18, 3.21 и 3.24 используем цангу 393.14-50 D250X200 (рисунок 3.30), цанговый патрон С8-391.14-50 080 (рисунок 3.31) и оправку на рисунке 3.20.

Рисунок 3.30 – Цанга 393.14-50 D250X200

Рисунок 3.31 – Оправка С8-391.14-50 080

Для закрепления фрезы, представленной на рисунке 3.25, выбираем оправку 392.55ЕН-40 20 094 (рисунок 3.32).

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		45

Рисунок 3.32 – Оправка 392.55ЕН-40 20 094

3.3 Проектирование и расчёт специального режущего инструмента

Для обработки поверхности 15 спроектируем специальной комбинированный инструмент (сверло-сверло).

Диаметр рабочей части сверла: так как цель проектирования - разработать инструмент, обрабатывающий сразу отверстие диаметром 39 и сверло, обрабатывающее отверстие диаметром 19, рабочая часть представляет собой спиральное сверло, переходящее спиральное сверло.

При расчёте комбинированного сверла исходными данными являются:

1. Диаметры ступеней обрабатываемого отверстия: $d_1 = 19^{+0,43}$ мм; $d_2 = 39^{+0,62}$ мм;
2. Длины ступеней обрабатываемого отверстия: $l_1 = 10$ мм; $l_2 = 10$ мм;
3. Угол фаски на второй ступени отверстия: $\varphi = 90^\circ$;
4. Обрабатываемый материал: Сталь 20ГЛ;
5. Материал сверла: Р6М5 ГОСТ 19265-79.

Предельные значения диаметров отверстия по формуле 3.1-3.2:

$$D_{max} = D1 + ES \text{ мм}; \quad (3.1)$$

$$D_{min} = D2 + ES \text{ мм}; \quad (3.2)$$

$$D_{1max} = 19 + 0,43 = 19,43 \text{ мм};$$

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$D_{2max} = 39 + 0,62 = 39,62 \text{ мм};$$

$$D_{1min} = 19 + 0 = 19 \text{ мм};$$

$$D_{2min} = 39 + 0 = 39 \text{ мм};$$

Допуски на диаметр отверстия равны: $\delta_1 = 0,43 \text{ мм}$; $\delta_2 = 0,62 \text{ мм}$.

Коэффициент глубины сверления и расчетные диаметры по формуле 3.3:

$$K_{гс} = \frac{l}{D}; \quad (3.3)$$

$$K_{гс1} = \frac{10}{19} = 0,5;$$

$$K_{гс2} = \frac{10}{39} = 0,26;$$

При $K_{гс} \leq 3$, $d_p = D_{max} - 0,667\delta_0$

$$d_{p1} = 19,43 - 0,667 * 0,43 = 19,14 \text{ мм};$$

$$d_{p2} = 21,2 - 0,667 * 0,62 = 39,2 \text{ мм}$$

Полученные значения округляем, назначаем допуск на наружный диаметр сверла:

$$d_{p1} = 19_{-0,43} \text{ мм};$$

$$d_{p2} = 39_{-0,62} \text{ мм}$$

Размеры ленточки сверла

Ширина ленточки по формуле 3.4:

$$f = 0,5\sqrt[3]{d} \text{ мм}; \quad (3.4)$$

$$f_1 = 0,5\sqrt[3]{19} = 1,1 \text{ мм};$$

$$f_2 = 0,5\sqrt[3]{39} = 1,4 \text{ мм};$$

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Высота ленточки по формуле 3.5:

$$q = 0,025d \text{ мм}; \quad (3.5)$$

$$q_1 = 0,025 * 19 = 0,3 \text{ мм};$$

$$q_2 = 0,025 * 39 = 0,51 \text{ мм};$$

Эскиз размерной ленточки сверла представлен на рисунке 3.33.

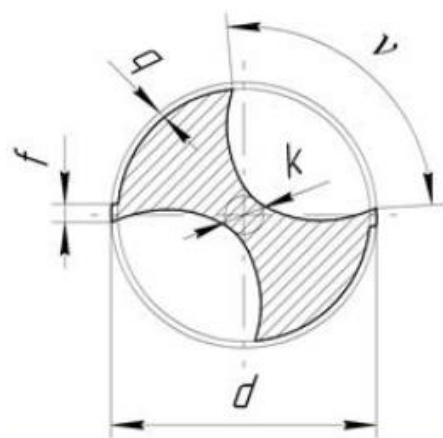


Рисунок 3.33 – Эскиз размерной ленточки сверла

Геометрические параметры режущей части сверла:

Главный угол в плане для сверла выбирается в зависимости от свойств обрабатываемого материала $2\varphi = 118^\circ \pm 1^\circ$; $\omega_T = 35^\circ \pm 2^\circ$; $\alpha_T = 12^\circ$.

Значение заднего угла по формуле 3.6:

$$\alpha = \alpha_T \left(\frac{3,33}{d + 2,35} + 0,79 \right) \text{ град}; \quad (3.6)$$

$$\alpha_1 = 12 \left(\frac{3,33}{19 + 2,35} + 0,79 \right) = 12^\circ 26';$$

$$\alpha_2 = 12 \left(\frac{3,33}{39 + 2,35} + 0,79 \right) = 11^\circ 23';$$

Угол наклона перемычки ψ является произвольной величиной, которая получается при заточке.

Параметры стружечной канавки:

Угол наклона стружечной канавки по формуле 3.7:

$$\omega = \omega_T \left(1,1 - \frac{1,624}{d + 3,5} \right) \text{ град;} \quad (3.7)$$

$$\omega_1 = 35 \left(1,1 - \frac{1,624}{19 + 3,5} \right) = 34,8^\circ;$$

$$\omega_2 = 35 \left(1,1 - \frac{1,624}{39 + 3,5} \right) = 36,13^\circ;$$

Принимаем $\omega_1 = 35^\circ$; $\omega_2 = 37^\circ$.

Центральный угол канавки выбирается в зависимости от свойств обрабатываемого материала. При обработки стали 45, $\nu = 92^\circ$.

Шаг стружечной канавки по формуле 3.8:

$$H = \frac{\pi d}{\text{tg}\omega} \text{ мм;} \quad (3.8)$$

$$H_1 = \frac{12\pi}{\text{tg}35} = 53,8 \text{ мм;} \quad (3.8)$$

$$H_2 = \frac{20,5\pi}{\text{tg}37} = 85,5 \text{ мм;} \quad (3.8)$$

Ширина пера определяется зависимостью по формуле 3.9:

$$B = d \sin \frac{\pi - \nu}{2} \cos \omega \text{ мм;} \quad (3.9)$$

$$B_1 = 12 \sin \frac{\pi - 1,61}{2} \cos 34,8 = 6,8 \text{ мм;} \quad (3.9)$$

$$B_2 = 20,5 \sin \frac{\pi - 1,61}{2} \cos 36,13 = 11,5 \text{ мм}$$

Осевая сила и крутящий момент:

Глубина резания при сверлении равна:

$$t = 0,5D = 0,5 * 39 = 19,5 \text{ мм};$$

При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбираем максимально допустимую по прочности сверла подачу:

$$s = 0,38 \dots 0,43 = 0,4 \text{ мм/об};$$

Определим скорость резания.

$$V_1 = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} K_v = \frac{9,8 * 19^{0,4}}{50^{0,2} * 0,4^{0,5}} * 1,2 = 19,15 \text{ м/мин};$$

$$V_2 = \frac{C_v D^q}{T^m s^y} K_v = \frac{9,8 * 39^{0,4}}{50^{0,2} * 0,4^{0,5}} * 1,2 = 23,72 \text{ м/мин};$$

где, C_v – поправочный коэффициент;

q, y, m – показатели степени;

T – период стойкости сверла, мин;

K_v – общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания.

$$K_v = K_{Mv} * K_{Iv} * K_{lv} = 1,2 * 1,0 * 1,0 = 1,2,$$

где, K_{Mv} – коэффициент на обрабатываемый материал;

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 * \left(\frac{750}{600} \right)^{0,9} = 1,2,$$

где, K_{Γ} – коэффициент для материала инструмента;

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

n_V – коэффициент степени;

K_{IV} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания;

K_{IV} – коэффициент учитывающий глубину обрабатываемого отверстия.

Определим крутящий момент при сверлении:

$$M_{кр1} = 10C_M D^q S^y K_p = 10 * 0,0345 * 12^{2,0} * 0,4^{0,8} * 1 = 23,86 \text{ Нм};$$

Крутящий момент при рассверливании:

$$M_{кр2} = 10C_M D^q t^x S^y K_p = 10 * 0,09 * 20,5^{1,0} * 2,5^{0,9} * 0,4^{0,8} * 1 = 20,22 \text{ Нм},$$

где, C_M – поправочный коэффициент;

q, y, x – показатели степени;

K_p – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки

Общий крутящий момент, действующий на комбинированное сверло, складывается из моментов на его ступенях.

$$M_{кр} = M_{кр1} + M_{кр2} = 23,86 + 20,22 = 44,08 \text{ Нм};$$

Осевая сила при сверлении определяется по формуле 3.10:

$$P_{01} = 10C_P d_1^q S^y K^p \text{ Н}; \quad (3.10)$$

$$P_{01} = 10 * 68 * 19 * 0,4^{0,7} * 1 = 4296,7 \text{ Н};$$

Осевая сила при рассверливании определяется по формуле 3.11:

$$P_{02} = 10C_P d_2^q t^x S^y K^p \text{ Н}; \quad (3.11)$$

$$P_{02} = 10 * 67 * 39^0 * 2,5^{1,2} * 0,4^{0,65} * 1 = 1109,03 \text{ Н};$$

Общее осевое усилие, действующее на комбинированное сверло, складывается из усилий на его ступенях.

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

$$P_0 = P_{01} + P_{02} = 4296,7 + 1109,03 = 5405,73 \text{ Н};$$

Определим мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{44,08 * 297,5}{9750} = 1,35 \text{ кВт};$$

Где, n – частота вращения инструмента, об/мин.

$$n = \frac{1000V_1}{\pi D_1} = \frac{1000 * 19,15}{3,14 * 39} = 297,5 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

Проверка возможности обработки:

$$N_e \leq N_{cm} * \eta$$

$$1,35 \leq 4,0 * 0,85$$

$$1,35 \text{ кВт} \leq 3,4 \text{ кВт} - \text{обработка возможна.}$$

По справочнику технолога машиностроителя принимаем значения коэффициентов уравнения.

Профиль стружечной канавки:

Профиль стружечной канавки должен обеспечивать благоприятные условия для размещения и транспортирования стружки, также одновременно должен обеспечить нужную форму режущих кромок, зачастую прямолинейную.

Большой радиус профиля:

$$R_{01} = C_R C_T C_\Phi D = 0,44 * 0,97 * 1 * 19 = 5,1 \text{ мм};$$

$$C_R = \frac{0,026 * 2\varphi \sqrt[3]{2\varphi}}{\omega_1} = \frac{0,026 * 120 * \sqrt[3]{120}}{35} = 0,44;$$

$$C_T = \left(\frac{0,14d_1}{d_c}\right)^{0,044} = \left(\frac{0,14 * 19}{3}\right)^{0,044} = 0,97;$$

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$C_{\Phi} = \left(\frac{13\sqrt{D}}{D_{\Phi}} \right)^{0,9} = 1;$$

$$D_{\Phi} = 13\sqrt{D}$$

Меньший радиус профиля:

$$R_{k1} = C_k d_1 = 0,525 * 19 = 6,3 \text{ мм};$$

$$C_k = 0,015\omega_1 = 0,015 * 35 = 0,525;$$

Ширина профиля:

$$B_1 = R_{01} + R_{k1} = 5,1 + 6,3 = 11,4 \text{ мм};$$

Определим длину сверла:

Длина первой ступени по формуле 3.12:

$$l_{ст} = l_k + l_{п} + l_{зат} + l_{\Phi} + l_1, \text{ мм} \quad (3.12)$$

где, l_k – длина заборного конуса;

$l_{п}$ – длина перебега;

$l_{зат}$ – запас на переточку;

l_{Φ} – глубина фаски;

$$l_k = \frac{d_1 - K}{2tg\varphi} = \frac{12 - 2,7}{2tg65} = 2,2 \text{ мм};$$

$$l_{п} = 1,5 \text{ мм};$$

$$l_{зат} = 1,7d_1 = 1,7 * 19 = 20,4 \text{ мм};$$

$$l_{\Phi} = \frac{d_2 - d_1}{2 * tg\varphi} = \frac{39 - 19}{2 * tg65} = 1,98 \text{ мм};$$

$$l_{ст1} = 2,2 + 1,5 + 20,4 + 1,98 + 8 = 34,08 \text{ мм};$$

Примем длину первой ступени $l_{ст1} = 35 \text{ мм}$.

Длина конечной ступени по формуле 3.13:

$$l_{ст2} = l_2 + l_{\Gamma} + l_{зат}, \text{ мм} \quad (3.13)$$

где, l_{Γ} – длина канавки для выхода фрезы

$$l_{\Gamma} = 0,5d_2 = 0,5 * 39 = 10,25 \text{ мм};$$

$$l_{зат} = 1,7 * 39 = 34,85 \text{ мм};$$

$$l_{ст2} = 24 + 10,25 + 34,85 = 69,1 \text{ мм};$$

Принимаем длину последней ступени $l_{ст2} = 70 \text{ мм}$.

Рисунок 3.34 – Составляющие элементы длины сверла

Диаметр сердцевины сверла выбирается в зависимости от размеров сверла по формуле 3.14.

$$K = (0,145 \dots 0,125)D, \text{ мм} \quad (3.14)$$

$$K_1 = 0,135 * 19 = 1,62 \text{ мм};$$

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$K_2 = 0,135 * 39 = 2,7 \text{ мм}$$

Диаметр сердцевины к хвостовику увеличивается. Это увеличение составляет 1,4-1,8 мм на каждые 100 мм рабочей части сверла.

Площадь поперечного сечения сверла:

Увеличение площади поперечного сечения сверла повышает прочность и жесткость сверла и до определенного момента способствует увеличению его стойкости.

Дальнейший рост площади сечения ухудшает отвод стружки.

Оптимальная площадь поперечного сечения сверла:

$$F_{\text{опт1}} = 0,4d_1^{1,9} = 0,4 * 19^{1,9} = 44,9 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{опт2}} = 0,4d_2^{1,9} = 0,4 * 39^{1,9} = 124,3 \text{ мм}^2;$$

Максимально допустимая площадь поперечного сечения сверла:

$$F_{\text{доп1}} = 0,5d_1^{1,9} = 0,5 * 19^{1,9} = 56,16 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{доп2}} = 0,5d_2^{1,9} = 0,5 * 39^{1,9} = 155,35 \text{ мм}^2;$$

Критическая сжимающая сила по формуле 3.15:

Критической сжимающей силой является осевая нагрузка, которую стержень способен выдержать без потери устойчивости. Комбинированный инструмент можно представить в виде нагруженных осевой силой стержней различных диаметров.

$$(P_1 + P_2)_{\text{кр}} = \eta \frac{EJ_{2\text{min}}}{(l_1 + l_2)^2}, \quad (3.15)$$

$$(P_1 + P_2)_{\text{кр}} = 6,42 * \frac{2 * 10^5 * 668,78}{(8 + 24)^2} = 838587,4 \text{ Н,}$$

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

где, $\eta = 6,42$ – коэффициент критической нагрузки;

E – обобщённый модуль упругости материала сверла;

$J_{2\min} = 0,0039D^4$ – наименьший из главных центральных моментов инерции сверла.

Проверка сверла на устойчивость:

$$P_{кр} \geq k_{\phi} P_0$$

$$838587,4 \text{ Н} \geq 5405,73 \text{ Н}$$

где, $k_{\phi} = 1$ – коэффициент формы перемычки.

Хвостовик сверла:

Форма хвостовика определяется формой посадочного отверстия станка, в котором крепится сверло, и его диаметром:

Средний диаметр конического хвостовика определяется зависимостью:

$$d_{\text{ср.хв}} = \frac{4M \sin \alpha_k}{\mu P_0 (1 - 0,04 \Delta \alpha_k)} = \frac{4 * 44,08 * \sin 1^{\circ} 26' 16''}{0,1 * 5405,73 * (1 - 0,04 * 5')} = 8,22 \text{ мм};$$

где, $\mu = 0,1$ – коэффициент трения (сталь по стали);

$\alpha_k = 1^{\circ} 26' 16''$ – половина угла конуса Морзе;

$\Delta \alpha_k = 5'$ – отклонение угла конуса.

Максимальный диаметр конуса Морзе определяется зависимостью:

$$D_{\text{max}} = \frac{d_{\text{ср.хв}}}{0,78} = \frac{8,22}{0,78} = 10,5 \text{ мм};$$

Выбираем стандартное значение: $D_{\text{max}} = 12,065 \text{ мм}$.

По максимальному диаметру конуса Морзе определим номер конуса и его размеры.

Конус Морзе №1 со следующими конструктивными размерами:

Конусность: $1: 20,047 = 0,04988$;

$D = 12,065$; $a = 3,5 \text{ мм}$; $D_1 = 12,2 \text{ мм}$; $d_2 = 9 \text{ мм}$; $l_{3\text{max}} = 62 \text{ мм}$; $b = 5,2 \text{ мм}$;

$e_{\text{max}} = 13,5 \text{ мм}$; $R_{\text{max}} = 5 \text{ мм}$; $l_{4\text{max}} = 65,5 \text{ мм}$; $d_{3\text{max}} = 8,7 \text{ мм}$; $c = 8,5 \text{ мм}$.

Рисунок 3.35 – Основные размеры наружных инструментальных конусов Морзе ГОСТ 25557 – 82

Для спроектированного резца необходимо использовать оправку для свёрл Морзе №1 ВТ50-МТ1-175 (рис. 3.36).

Рисунок 3.36 – Оправка для свёрл Морзе №1

3.4 Выбор измерительного оборудования и оснастки на операциях технического контроля

На операциях технологического контроля необходимо проконтролировать все требования, представленные на конструкторском чертеже, от контролируемого параметра и его точности зависит выбор измерительного оборудования.

На эскизе 3.37 указаны контролируемые параметры детали «Крышки ступицы гребного винта», а таблице 3.3 приведены их средства измерения.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57

Рисунок 3.3 Эскиз контролируемых параметров детали «Крышка ступицы гребного винта»

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Таблицы 3.3 – Средства измерения контролируемы параметров детали
«Крышка ступицы гребного винта»

Контролируемые параметры	Средства измерения
1. Размер 30°	Координатно-измерительная машина
2. Размер $15^\circ \pm 5'$	Координатно-измерительная машина
3. Размер $\varnothing 1016$ мм	Координатно-измерительная машина
4. Размер $\varnothing 1150 \pm 1,2$ мм	Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89
5. Размер $30^\circ \pm 5'$	Обеспечивается технологией (первые 3 детали контролировать на координатно-измерительной машине)
6. Размер $30^\circ \pm 5'$	Обеспечивается технологией (первые 3 детали контролировать на координатно-измерительной машине)
7. Размер $105 \pm 0,3$ мм	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
7.1 Размер $44 \pm 0,3$ мм	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
8. Размер $60^\circ \pm 5'$	Обеспечивается технологией (первые 3 детали контролировать на координатно-измерительной машине)
9. Размер $40^\circ \pm 5'$	Обеспечивается технологией (первые 3 детали контролировать на координатно-измерительной машине)
10. Размер $R100 \pm 0,3$ мм	Обеспечивается технологией (первые 3 детали контролировать на координатно-измерительной машине)
11. Размер $\varnothing 1090 \pm 1,2$ мм	Координатно-измерительная машина/ Штангенглубиномер ШГ-630-0,05 ГОСТ 162-90
12. Размер $\varnothing 1160 \pm 1,2$ мм	Обеспечивается технологией (первые 3 детали контролировать на координатно-измерительной машине)
13. Размер $59 \pm 0,3$ мм	Координатно-измерительная машина/ Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
14. Допуск перпендикулярности 0,1 мм	Координатно-измерительная машина/ Обеспечивается технологически
15. Размер $\varnothing 1080 H8^{(+0,165)}$ мм	Координатно-измерительная машина/ Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89
16. Размер $\varnothing 870 \pm 0,8$ мм	Координатно-измерительная машина/ Штангенциркуль ШЦ-III-1600-0,1 ГОСТ 166-89
17. Размер $32 \pm 0,3$ мм	Координатно-измерительная машина
18. Допуск плоскостности 0,1 мм	Координатно-измерительная машина/ Линейка поверочная ШД-1-1600 ГОСТ 8026-92+ Набор шупов № 4 ГОСТ 882
19. Размер $20^\circ \pm 5'$ (2 места)	Штангенциркуль ШЦ-I-300-0,05 ГОСТ 166-89
20. Размер 30^{+1} мм (контролировать от дна цековки)	Калибр-пробка M12x1,75 6H ПР ГОСТ 17756-72 + Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
21. Размер $40 \pm 0,3$ мм (контролировать от дна цековки)	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
22. Размер $1 \pm 0,1$ мм	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
23. M12x1,75	Калибр-пробка M12x1,75 6H HE ГОСТ 17756-72 Калибр-пробка M12x1,75 6H ПР ГОСТ 17756-72
24. Размер $\varnothing 40^{+0,39}$ мм	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
25. 3 фаски $5 \times 45^\circ$	Проверить наличие визуально
26. Размер $\varnothing 80^{+0,46}$ мм	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
27. Размер R0,6 мм	Обеспечивается инструментом: Головка расточная двухрезцовая TS 50/50, Пластина ССМТ 120404 DP300

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР

Лист

59

Окончание таблицы 3.3

28. Размер R2±0,2 мм	Проверить наличие визуально
29. Позиционный допуск 0,1 мм	Координатно-измерительная машина
30. Размер $\varnothing 39^{+0,39}$ мм	Координатно-измерительная машина/ Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
31. Размер 118±0,1 мм 31.1 Размер 36±0,3 мм (пересчет p-p 31.1=31-(13+32))	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
32. Размер 23±0,1 мм 32.1 Размер 59±0,3 мм (пересчет p-p 32.1=31.1+32)	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
33. Размер R8±2 мм	Шаблон радиусный №2
34. Размер 0 ^{+5°}	Обеспечивается технологией (первые 3 детали контролировать на координатно-измерительной машине)
35. Размер R1 мм	Обеспечивается инструментом: Адаптер С6-TCHN, локатор, Державка TCFR 4T16-250 RN, Пластина TDXU 2E-0,3 TT8020
36. Размер 5,1±0,1 мм	Координатно-измерительная машина/Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
37. Размер R0,2 мм	Обеспечивается инструментом: Адаптер С6-TCHN, локатор, Державка TCFR 4T16-250 RN, Пластина TDXU 2E-0,3 TT8020
38. Размер $\varnothing 900h11(-0,56)$ мм	Координатно-измерительная машина
39. Размер 7,9±0,2 мм	Координатно-измерительная машина
40. Резьба G 1-A	Калибр-пробка G 1" КИ-НЕ кл. А ГОСТ 18922-73
41. Размер 25±0,2 мм контролировать пересчетом: 41=42.1 (А) - 41.1 (Б)	Калибр-пробка G 1" КИ-НЕ кл. А ГОСТ 18922-73+ Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
42. Размер 525±0,8 мм контролировать пересчетом: 42=12 – 42.1 (А)	Калибр-пробка резьбовая G 3/4" ПР кл. А ГОСТ 18922-73 8225-0006+ Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
43. Резьба G ¾-A	Калибр-пробка резьбовая G 3/4" НЕ кл. А ГОСТ 18922-73 8225-0006; Калибр-пробка резьбовая G 3/4" ПР кл. А ГОСТ 18922-73 8225-0006
44. Размер $\varnothing 20^{+0,33}$ мм	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
45. Размер $\varnothing 40^{+0,39}$ мм	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
46. Резьба M12x1,75	Калибр-пробка M12x1,75 6H HE ГОСТ 17756-72 Калибр-пробка M12x1,75 6H PR ГОСТ 17756-72
47. Размер 1±0,1 мм	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
48. Размер 25 ⁺¹ мм (контролировать от дна цековки)	Калибр-пробка M12x1,75 6H PR ГОСТ 17756-72+ Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
49. Размер 28±0,2 мм (контролировать от дна цековки)	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89
50. Шероховатость Ra 3,2 мкм	Набор образцов шероховатости 0,4-12,5Ф ГОСТ9378-93
51. Шероховатость Ra 6,3 мкм	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР

Лист

60

Выбор модели КИМ

Основными критериями выбора определённой модели контрольно-измерительной машины являются:

- Величина рабочей зоны;
- погрешность измерения;
- система координат машины (СКМ).

Деталь «Крышка ступицы гребного винта» имеет простую форму, поэтому более удобно использование КИМ с прямоугольной системой координат. Исходя из габаритных размеров детали Ø1010x548 мм, выбираем КИМ с максимально-допустимым диапазоном измерений минимум в 2 раза больше размеров детали. Максимальный квалитет точности детали Н7. Исходя из вышеуказанных параметров, выберем КИМ. В таблице 3.4 приведены характеристики трёх наиболее подходящих КИМ.

Таблица 3.4 – Сравнение основных технических характеристик КИМ

Параметры КИМ	Модель контрольно-измерительной машины		
	Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15	DEA DELTA SLANT 20/33/15	Leitz RMM-F 30/20/16
Рабочая зона X/Y/Z, мм	2000/2400/1500	2000/3300/1500	3000/2000/1600
Габариты КИМ, мм	3550x2453x4295	4704x3867x4840	–
Предельное значение погрешности МРЕе, мкм	3,9+L/300	4,0+3,8L/1000	2,3+L/400
Максимальная масса детали, кг	3500	–	–
Масса КИМ, кг	11000	4700	–

Исходя из данных таблицы 3.4, выбираем КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15, так как она имеет оптимальную рабочую зону для данной корпусной детали, является более дешевым решением для использования на производстве по сравнению с выбранными моделями, а также оптимальное

значение предельной погрешности. КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15 представлена на рисунке 3.38.

Рисунок 3.38 – КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15

Основные характеристики КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15:

- Измерительная машина портальной конструкции с жестким столом;
- измерительная поверхность, обработанная по DIN 879;
- легкая конструкция портала, выполненная с высокой жесткостью;
- векторная скорость перемещения 800 мм/сек в режиме High-Speed;
- коррекция САА (Computer Aided Accuracy);
- покрытие алюминиевых частей CARAT обеспечивает долговременное стабильное состояние направляющих портала;
- система линейных измерений из стеклокерамики;
- запатентованное термически нейтральное крепление линейки;
- высокодинамичные привода с автоматическим контролем;
- все оси базируются на воздушных подшипниках;

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

- пассивное виброгашение благодаря эластомерам;
- стабильность к изменению температуры благодаря технологии F.I.

Проведем проверку обеспечения точности измерений при использовании данной координатно-измерительной машины для контроля детали «Крышка ступицы гребного винта».

Погрешность линейного измерения размера $\varnothing 243^{+0,5}$:

$$\Delta_1 = \pm(3,9 + \frac{L}{300}) = \pm(3,9 + \frac{253}{300}) = \pm 4,74 \text{ мкм} .$$

Погрешность линейного измерения размера $\varnothing 345^{+0,2}_{-0,3}$:

$$\Delta_2 = \pm(3,9 + \frac{L}{300}) = \pm(3,9 + \frac{345}{300}) = \pm 5,05 \text{ мкм} .$$

Координатно-измерительная машина считается пригодной для измерения, если погрешность линейного измерения составляет не более 30% от допуска на измеряемый размер.

$$\frac{\Delta_1}{T_1} = \frac{0,00948}{0,5} \cdot 100\% = 1,9\% ,$$

$$\frac{\Delta_2}{T_2} = \frac{0,0101}{0,1} \cdot 100\% = 10,1\% .$$

Так как оба отношения не превышают 30%, следует вывод, что выбранная координатно-измерительная машина Carl Zeiss ACCURA MASS 20/24/15 пригодна для контроля детали «Крышка ступицы гребного винта».

В качестве измерительных головок возможно использование базового оснащения КИМ фирм Carl Zeiss. Это измерительные головки DT, VAST XT, VAST gold. Сравнительный анализ представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические характеристики измерительных головок DT, VAST XT, VAST gold

	DT	VAST XT	VAST gold
Возможность активного сканирования	–	+	+
Погрешность линейного измерения, мкм	$2,2+L/300$	$2,2+L/300$	$2,2+L/300$
Отклонение при касании, мкм	1,9	1,9	1,9
Отклонение при касании при сканировании, мкм	–	3,5	3,5
Максимальная длина измерительного наконечника, мм	500	500	800
Максимальный вес измерительного наконечника, г	500	500	600

Анализируя представленную таблицу, можно сделать вывод, что измерительные головки VAST XT и VAST gold обладают идентичными техническими показателями, однако VAST gold является более универсальной, имеет возможность установки более длинного измерительного наконечника с большим весом. Поэтому выбираем для КИМ Carl Zeiss ACCURA MASS измерительную головку VAST gold (рисунок 3.39).

Рисунок 3.39 – Измерительная головка Zeiss VAST gold

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1 Анализ возможных направлений по автоматизации технологического процесса изготовления детали

Технологический процесс детали «Крышка ступицы гребного винта» имеет слесарные операции, для обработки острых кромок и устранение заусенцев. Не имеет универсальных и специальных операций, это означает что отсутствует ограничение на применение оборудования с ЧПУ.

Выбранное оборудование подразумевает собой обработку заготовки с помощью числового программного управления, поэтому оно используется в условиях ГПС. Оборудование оснащено системой автоматического вывода отходов из рабочей зоны при помощи воздуха под давлением. Имеются автоматические механизмы открывания – закрывания дверей, которые активируются при работе станка. На станке установлен автоматический сменщик инструмента, который включает в себя датчики для наладки и диагностики работы оборудования и режущего инструмента.

В данном технологическом процессе имеется многооперационная обработка с ЧПУ и с оптимальным подбором режущего инструмента. Следовательно концентрация технологических переходов на операциях большая.

Габаритные размеры детали «Крышка ступицы гребного винта»: диаметр 1016 мм; длина – 548 мм; вес – 744 кг.

Для автоматизации технологического процесса перемещения и установки детали в станок и накопитель можно использовать промышленный кран, который будет перемещать заготовку поднимая за определенные поверхности (рис. 4.1).

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

Рисунок 4.1 – Поверхности для захвата промышленным краном

Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод, что технологический процесс обработки детали «Крышка ступицы гребного винта» можно частично автоматизировать.

Первичная классификация:

- габаритные размеры: диаметр 1016 мм, длина 548 мм;
- материал: Сталь 20ГЛ (ГОСТ 21357-87);
- вид детали по технологическому методу изготовления: литье;
- вид исходной заготовки: отливка;
- самый точный класс обработки: 6;
- наименьшая шероховатость Ra 3,2;
- вид обработки: растачивание, фрезерование, сверление, нарезание резьбы;
- масса: 744 кг.

Вторичная классификация детали: 725322

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

- 72 – тела вращения типа корпус;
- 5 – Емкостные (крышка);
- 3 – Кроме изогнутых;
- 2 – с наружной криволинейной поверхностью;
- 2 – закрытые без фланца с резьбой.

4.2 Разработка структурной схемы гибкого производственного участка

Для дальнейшего определения числа подвижных транспортных механизмов АТСС, расчета времени перемещения заготовок, а также определения более рационального размещения оборудования необходимо узнать примерный маршрут движения заготовок при обработке на станках ГПУ. Для этого осуществим планировку станочной и складской систем комплекса.

Со склада СЗ, заготовка попадает на приемо-раздаточный стол ПРС1, откуда робот Р берет заготовку и перемещает на станок СТ1. Со станка СТ1 робот Р перемещает заготовку на стол контроля ПК1, откуда она при помощи двух роботов Р будет перемещена на станок СТ2, через приемо-раздаточный стол ПРС 2. Со второго станка СТ 2, деталь попадает на второй промежуточный контроль ПК 2, откуда, кран штабелер КШ перемещает деталь на склад СД. На рисунках 4.2-4.3 были показаны две схемы: первая – по конструктивному признаку, вторая – по ходу выполнения технологического процесса.

Для выявления всех суммарных перемещений была составлена матрица ориентировочных перемещений детали по участку. Таблица 4.1 для группировки по конструктивному признаку, таблица 4.2 для группировки по ходу выполнения технологического процесса).

Рисунок 4.2 – Схема расположения станков по конструктивному признаку

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

Рисунок 4.3 – Схема расположения станков по ходу выполнения технологического процесса

Граф перемещений для первого варианта компоновки транспортного механизма в ГПС представлен на рисунке 4.4, для второго – рисунок 4.5.

Рисунок 4.4 – Граф перемещений транспортного механизма в ГПУ по конструктивному признаку

Рисунок 4.5 – Граф перемещений транспортного механизма в ГПУ по ходу выполнения технологического процесса

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68

Таблица 4.1 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС по конструктивному признаку

	СЗ	ПРС1	ПРС2	ПК1	ПК2	СТ1	СТ2	СТ3	СД
СЗ									
ПРС1	2								
ПРС2				3					
ПК1						1,5			
ПК2							1,5		
СД								1,5	
СТ1		2							
СТ2			2						
СТ3				2					

Суммарное перемещение при данной компоновке ГПУ равно 15,5 м.

Таблица 4.2 – Матрица перемещений подвижных механизмов АТСС по ходу выполнения технологического процесса

	СЗ	ПРС1	ПРС2	ПК1	ПК2	СТ1	СТ2	СТ3	СД
СЗ									
ПРС1	3								
ПРС2				3					
ПК1						2			
ПК2							2		
СД								3	
СТ1		2							
СТ2			2						
СТ3				2					

Суммарное перемещение при данной компоновке ГПУ равно 19 м.

По суммарной длине перемещений ГПУ принимаем схему 1.

4.3 Выбор оборудования для функционирования автоматизированной системы.

Выбор вида станков, их специализации по числу управляемых координат и определение их количества в составе ГПС по выпуску деталей заданной номенклатуры осуществляются на основе разработанных технологических процессов на типовые детали по следующей формуле 4.1:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}}, \text{ станков} \quad (4.1)$$

где $C_{\text{ср}}$ – средняя станкоемкость, приходящаяся на каждый станок, мин; $T_{\text{ср}}$ – средний такт выпуска деталей, мин; K – число станков по виду оборудования.

$$C_{\text{ср}} = C_1 + C_2 = 4240 + 150 = 4390 \text{ мин}$$

Средний такт выпуска деталей определяется по формуле 4.2:

$$T_{\text{ср}} = \frac{60\Phi_0 K_{\text{исп}}}{N_{\text{год}}}, \text{ мин} \quad (4.2)$$

где, Φ_0 – годовой фонд времени оборудования, ($\Phi_0 = 2920$) ч; $K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования оборудования по машинному времени ($K_{\text{исп}} = 0,85$); $N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, 60 шт. так как производство мелкосерийное.

$$T_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot 2920 \cdot 0,85}{60} = 2482 \text{ мин}$$

Расчет количества оборудования:

$$K = \frac{C_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{4390}{2482} = 1,77 \approx 2 \text{ станка}$$

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Максимальное число деталиустановок различных наименований (число серий), которые могут быть обработаны на комплексе в течение месяца, определим по формуле (4.3):

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot \Phi_{\text{ст}} \cdot n_{\text{ст}}}{t_{\text{об}} \cdot N}, \text{ шт} \quad (4.3)$$

где $\Phi_{\text{ст}}$ – месячный фонд отдачи станка, ч ($\Phi_{\text{ст}} = 160$ ч); $n_{\text{ст}}$ – число станков, входящих в ГПС; $t_{\text{об}}$ – средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин; N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования. Подставляя, получим:

$$K_{\text{наим}} = \frac{60 \cdot 160 \cdot 2}{1300 \cdot 5} = 2,95 \text{ шт}$$

Полученное число деталиустановок определяет число ячеек в стеллаже. Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим запас ячеек в накопителе, равный примерно 10 % от $K_{\text{наим}}$, поэтому принимаем $K_{\text{наим}} = 3$.

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки производят по формуле 4.4:

$$n_{\text{поз}} = \frac{t \cdot K_{\text{дет}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}, \text{ шт} \quad (4.4)$$

где t – средняя трудоемкость операций на позиции, мин; $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.; $\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции, ч; $\Phi_{\text{поз}} = \Phi_{\text{ст}} = 160$ ч.

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} \cdot N, \text{ шт} \quad (4.5)$$

где, N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования $K_{\text{наим}}$, шт. Подставляя получим:

$$K_{\text{дет}} = 3 \cdot 5 = 15 \text{ шт.}$$

Для расчетов можно использовать следующие значения трудоемкостей операций по загрузке (t_z) и разгрузке (t_p) деталей: $t_z = 5$ мин; $t_p = 3$ мин.

Подставляя, получим:

$$n_{\text{поз}} = \frac{360 \cdot 15}{160 \cdot 60} = 3,75 \text{ шт.}$$

Необходимое число позиций контроля $n_{\text{поз.к}}$ в ГПС рассчитывается по формуле (4.6):

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_k \cdot K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} \cdot 60}, \text{ шт} \quad (4.6)$$

где t_k – суммарное время контроля одной деталиустановки, мин;

$K_{\text{дет.к}}$ – число деталиустановок, проходящих контроль за месяц, шт.;

$\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции контроля, ч.

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n}, \text{ шт} \quad (4.7)$$

где $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.;

n – число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.:

$$n = \frac{n_1}{k_1 \cdot k_2}, \text{ шт} \quad (4.8)$$

где n_1 – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.; $n_1=2$;

k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты, связанные с выводом деталей на контроль по требованию наладчика соответственно для первой деталиустановки

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

в начале смены (k_1) и сразу же после установки нового инструмента (k_2); $k_1 = 1,15$; $k_2 = 1,05$. Подставляя, получим:

$$n = \frac{2}{1,15 \cdot 1,05} = 1,66 \approx 2 \text{ шт};$$

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{30}{2} = 15 \text{ шт}$$

Время контроля одной детали установки:

$$t_k = t_{k_1} + t_{k_2} + \dots + t_{k_i}, \text{ мин} \quad (4.9)$$

где $t_{k_1}, t_{k_2}, \dots, t_{k_i}$ – соответственно время контроля поверхностей детали после обработки на 1, 2 и т.д. i -м станках комплекса.

Для расчетов время каждого промежуточного контроля (после неполной обработки поверхностей на станках комплекса) можно принимать равным:

$$t_{\text{п}} = 5 \text{ мин};$$

время окончательного контроля всех поверхностей детали:

$$t_{\text{к.ок}} = 30 \text{ мин.}$$

Подставляя, получим:

$$t_k = 5 + 30 = 35 \text{ мин};$$

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{35 \cdot 15}{160 \cdot 60} = 2,7 \approx 3 \text{ шт.}$$

Кран-штабелер, расположенный со стороны склада, должен передавать ящик с заготовками с общего склада на приёмно-раздаточные столы и обратно.

Рассчитаем суммарное время $T_{\text{обсл}}$ работы крана со стороны станков:

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		73

$$T_{\text{обсл}} = \frac{K_{\text{стел-ст}} \cdot t_{\text{стел-ст}} + K_{\text{ст-ст}} \cdot t_{\text{ст-ст}}}{60}, \text{ мин} \quad (5.10)$$

где $K_{\text{стел-ст}}$ – число перемещений между стеллажом и столами; $K_{\text{ст-ст}}$ – число перемещений между столами; $t_{\text{стел-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со стеллажа на стол и обратно, мин; $t_{\text{ст-ст}}$ – среднее время, затрачиваемое на передачу спутника со стола на стол, мин.

Время выполнения штабелером одной передачи спутника ($t_{\text{стел-ст}}$ или $t_{\text{ст-ст}}$) равно:

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2, \text{ мин} \quad (4.11)$$

где t_1 – время отработки кадра "Подойти и взять спутник", мин; t_2 – время отработки кадра "Подойти и поставить спутник", мин.

$$t_1 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{в.с}}, \text{ мин} \quad (4.12)$$

$$t_2 = t_k + t_{\text{под}} + t_{\text{п.с}}, \text{ мин} \quad (4.13)$$

где t_k – время расчета и передачи кадра команды от ЭВМ в устройство ЧПУ штабелера, мин; $t_{\text{под}}$ – время подхода штабелера к заданной точке, мин; $t_{\text{в.с}}$ – время работы цикловой автоматики по выполнению команды "Взять спутник", мин; $t_{\text{п.с}}$ – то же "Поставить спутник", мин.

Время t_k колеблется в пределах $t_k = 1,5...10$ с; время $t_{\text{в.с}} = t_{\text{п.с}} = 0,15...0,25$ мин [1]. Время подхода штабелера к заданной точке:

$$t_{\text{под}} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y}, \text{ мин} \quad (4.14)$$

где L_x и L_y – соответственно длина перемещения штабелера по осям X и Y, м; V_x и V_y – соответственно скорость перемещения штабелера по осям x и y, м/мин. Для расчетов можно принимать: $V_x = 60$ м/мин; $V_y = 6$ м/мин.

Подставляя, получим:

$$t_{\text{под}} = \frac{8}{60} + \frac{4}{6} = 1,3 \text{ мин};$$

$$t_1 = 0,2 + 1,3 + 0,1 = 1,4 \text{ мин};$$

$$t_2 = 0,1 + 1,3 + 0,5 = 1,7 \text{ мин};$$

$$t_{\text{стел-ст}} = t_{\text{ст-ст}} = t_1 + t_2 = 1,4 + 1,7 = 3,1 \text{ мин};$$

$$T_{\text{обсл}} = \frac{2 \cdot 3,1 + 4 \cdot 3,1}{60} = 0,31 \text{ мин.}$$

Рассчитав суммарное время обслуживания станков, можно определить число штабелеров для выполнения этой работы:

$$K_{\text{шт.1}} = \frac{T_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{шт}}}, \text{ шт} \quad (4.15)$$

где $\Phi_{\text{шт}}$ – фонд работы штабелера, ч.

$$K_{\text{шт.1}} = \frac{0,31}{0,15} = 2 \text{ шт.}$$

Для выполнения работы по перемещению заготовок и готовых деталей требуется два роботизированных крана-штабелера.

Для обеспечения функционирования в малолюдном или безлюдном режиме в структуре ГПС необходимо чтобы были предусмотрены вспомогательные системы и участки. Вспомогательные системы ГПС служат для подготовки заготовок и полуфабрикатов для последующей обработки, обеспечения основного оборудование режущим инструментом, осуществления входного, промежуточного и окончательного контроля и обеспечения своевременного удаление отходов производства. На проектируемом автоматизированном участке имеется система автоматизированного контроля.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		75

САК служит для проведения входного, промежуточного (межоперационного) и окончательного контроля размерно-геометрических параметров заготовок, полуфабрикатов, деталей, обеспечения диагностирования процессов и оборудования при выполнении ТП.

Для обеспечения функционирования гибкой производственной системы в автоматизированном режиме предусмотрена вспомогательная автоматизированная система уборки отходов (АСУО). Система представляет собой установленный в поддоне станка конвейер, который перемещает стружку из поддона в накопительный бак для стружки. Заполненный стружкой бак меняется на пустой бак с помощью кран-штабелера. АСУО сокращает количество контактов персонала с отходами и поднимает культуру производства на более высокий уровень.

Так же для функционирования ГПУ необходима автоматизированная транспортно-складская система (АТСС). АТСС представляет собой комплекс устройств, предназначенных для размещения, хранения, транспортирования, погрузки и разгрузки, технологической оснастки и т.п.

Функции АТСС выполняет монорельсовый кран-штабелёр.

Для загрузки и разгрузки заготовки используем промышленный робот манипулятор Motoman МН900 (рисунок 4.6).

Рисунок 4.6 – Промышленный робот манипулятор Motoman МН900

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		76

Технические характеристики данного робота представлены на рисунке 4.7:

Тип запястья: Классическое запястье

Количество осей робота: 6

Достигаемость: 4683 мм

Грузоподъемность: 900 кг

Точность \ повторяемость : 0.5 мм

Вес манипулятора: 9550 кг

Страна-производитель: Япония

Рисунок 4.7 – технические характеристики робота

Для обеспечения перемещения роботом детали «Корпус ступицы гребного винта» ему необходим рабочий орган, именуемый в производстве схват промышленного робота, который представлен далее на рисунке 4.8.

Рисунок 4.8 – Схват промышленного робота вид сверху

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		77

Рисунок 4.9 – Электропогрузчик вилочный Komatsu FB25-12

Рисунок 4.10 – Характеристики погрузчика Komatsu FB25-12

Рисунок 4.11 – Кран штабелер

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78

- ✓ Грузоподъемность – 160 кг.
- ✓ Скорость передвижения крана – 80 м/мин
- ✓ Скорость передвижения каретки (подъема) – 12 м/мин
- ✓ Высота подъема (по площадке кабины) – 6835 мм
- ✓ Длина пути – 25 м.
- ✓ Управление из кабины посредством джойстика.

Рисунок 5.12 – Характеристики крана штабелера

4.4 Базирование заготовки и готовой детали в промышленном роботе и промежуточном накопителе.

С целью выбора станочных, транспортных приспособлений, приспособлений для предварительного базирования, приспособлений для хранения заготовок/готовых деталей необходимо определить схемы их базирования на всех этих этапах. На схеме базирования (рисунок 4.12) представлены поверхности по которым происходит базирование в паллетах для хранения и перемещения в них заготовки.

Рисунок 4.12 – Схема базирования заготовок в паллетах

Промышленный робот губки в виде призмы, которые поднимают заготовку, как показано на рисунке 4.13.

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79

Рисунок 4.13– Схема базирования заготовок в схвате робота

Рассмотрим схемы базирования заготовки для детали «Корпус радиально-упорного подшипника». Схема базирования заготовки на 010 и 030 операции с ЧПУ изображена на рисунке 4.14. Схема базирования заготовки на 020 и 040 операции с ЧПУ изображена на рисунке 4.15.

Рисунок 4.14 – Схема базирования заготовок на 010, 030 операции

Рисунок 4.15 – Схема базирования заготовок на 020, 040 операции

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		80

4.6 Анализ производительности автоматизированной системы

Окончательный вариант планировки ГПС представлен на рисунке 4.16.

Рисунок 4.16 – Схема ГПС

Заготовки поступают на склад 1, оттуда при помощи крана штабелера 2, заготовки отправляются на прием-раздаточный стол, где осуществляется предварительный контроль. При помощи роботизированного схвата, заготовка попадает в ОЦ 3. После обработки на 2х станках, деталь отправляется на склад деталей 5. Кран штабелер перемещает деталь на прием-раздаточный стол, откуда деталь попадает в моечную машину. Аналогичным образом деталь попадает на участок УАК.

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЧАСТЬ

Участок механической обработки детали «Крышка ступицы гребного винта» включает в себя: склад деталей 1, кран-штабелер 2, станки, контейнер для стружки 4, склад готовой продукции 5, робот Motoman MN900 P, подготовительно-раздаточные столы 7, КИМ, моечную машину, склад станочных приспособлений 12, склад режущих инструментов 13, средства техники безопасности и средств для функционирования оборудования.

Заготовка детали «Крышка ступицы гребного винта» на межцеховом транспорте поступает из склада заготовок литейного цеха на склад заготовок механического участка. Кран-штабелер 2 перемещает заготовку на приемо-раздаточный стол для заготовок, откуда робот P перемещает заготовку на станок. После обработки заготовка роботом перемещается на приемо-раздаточный стол для промежуточного контроля, откуда робот P забирает и перемещает заготовку в станок. Готовая деталь, перемещается роботом P на приемо-раздаточный стол для готовой продукции, откуда кран штабелер отправляет деталь в моечную машину, затем на УАК. После успешной проверки, деталь отправляют на склад готовой продукции 5.

Всё необходимое для операции оборудование находится на УПП, откуда при помощи крана-штабелера доставляется оборудование на станки.

В соответствии с требованиями безопасности, на участке находится пожарный открытый щит – ЩПО, ящик с песком – ЯП и прочие средства техники безопасности – СТБ. Рядом с ними находится аптечка. На схеме показаны подводы электроэнергии, сжатого воздуха и средств охлаждения, которые необходимы для работы оборудования.

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

6.1 Мероприятия и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда

Организационные мероприятия по созданию безопасных условий труда

Организационные структуры, их функции. Федеральный закон от 17.07.99 №181 – ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации» обязанности по обеспечению безопасных условий труда в организации возлагает на работодателя. Общее руководство работой всех структурных подразделений по обеспечению безопасности труда возлагается на руководителя организации (треста, управления), непосредственное руководство службой охраны труда – на главного инженера. В состав службы входят инженеры (старшие инженеры), которые руководствуются всеми действующими законами, постановлениями, правилами и инструкциями. Инженерам службы охраны труда предоставлено право давать предписания руководителям устранять имеющиеся недостатки и нарушения правил и норм; запрещать производство работ при обнаружении опасных условий; требовать от руководителей работ своевременного расследования несчастного случая; вносить предложения о поощрении или наказании работников. Отменять указания инженера по охране труда имеет право главный инженер или начальник управления в письменной форме. На работников службы возлагаются следующие обязанности:

- координация деятельности структурных подразделений по вопросам безопасности труда;
- участие в подготовке и составлении перспективных и годовых планов улучшения условий труда;
- контроль за созданием безопасных и безвредных условий труда, за соблюдением действующего законодательства, правил и норм, приказов, инструкций, указаний и предписаний органов государственного надзора, а

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

также за правильным освоением средств, ассигнованных на мероприятия по охране труда;

- участие в расследовании аварий, несчастных случаев в подведомственных организациях, учет несчастных случаев и участие в разработке мероприятий по предупреждению травматизма;

- анализ причин производственного травматизма и составление сводных отчетов о пострадавших при несчастных случаях и об освоении средств на мероприятия по охране труда;

- организация обучения и проверки знаний инженерно-техническими работниками, рабочими правил и инструкций по технике безопасности и производственной санитарии;

- осуществление контроля за обеспечением работающих спецодеждой, средствами индивидуальной и коллективной защиты и организацией их хранения и ремонта; – организация пропаганды безопасных условий труда путем проведения смотров и конкурсов по охране труда, бесед, оборудования кабинетов по охране труда;

- обеспечение подведомственных подразделений правилами, памятками, плакатами и другими наглядными пособиями;

- проведение вводного инструктажа по технике безопасности;

- рассмотрение проектной документации в части полноты и обоснованности принятых решений по технике безопасности и подготовка по ним соответствующих заключений, контроль за качеством инструкций по охране труда.

Таким образом, работники службы ОТ выполняют контрольно-координационные функции. На начальников участков и старших производителей работ возлагается осуществление мероприятий по охране труда, предусмотренных соответствующим законодательством, СНиП, годовыми планами, приказами, распоряжениями и инструкциями; систематическое наблюдение и контроль за исправным состоянием

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		84

ограждений, подмостей; проведение первичного, повторного, внепланового и текущего инструктажа рабочих с указанием адресов объектов, на которых осуществляется монтаж; обучение рабочих безопасным методам труда по 14...18-часовой программе; осуществление контроля за ежегодной сдачей экзаменов рабочими по специальностям; наблюдение за правильным и безопасным использованием механизмов, электрооборудования и электроинструментов; обеспечение рабочих оборудованными бытовыми помещениями.

Итак, начальники участков и старшие производители работ выполняют контрольно-обеспечивающие функции. Начальник участка обязан иметь на участке инструкции по специальностям; журнал инструктажа рабочих по охране труда; журнал трехступенчатого контроля; журнал осмотра оборудования, проект производства работ и технологическую записку. Производители работ (мастера) и бригадиры должны обеспечить производство работ в соответствии с технологическими картами; контролировать исправность оборудования, приспособлений и защитных средств; наличие утвержденных инструкций по технике безопасности; следить за санитарным состоянием бытовых помещений и противопожарным состоянием объектов.

6.2 Мероприятия по электробезопасности

К работе в электроустановках должны допускаться лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе с присвоением соответствующей квалификационной группы по технике безопасности и не имеющие медицинских противопоказаний.

Для обеспечения безопасности работ в действующих электроустановках должны выполняться следующие организационные мероприятия:

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		85

- назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производства работ;
- оформление наряда или распоряжения на производство работ;
- осуществление допуска к проведению работ;
- организация надзора за проведением работ;
- оформление окончания работы, перерывов в работе, переводов на другие рабочие места;
- установление рациональных режимов труда и отдыха.

Для обеспечения безопасности работ в электроустановках следует выполнять:

- отключение установки (части установки) от источника питания;
- проверку отсутствия напряжения;
- механическое запираение приводов коммутационных аппаратов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий и другие меры, исключающие возможность ошибочной подачи напряжения к месту работы;
- заземление отключенных токоведущих частей (наложение переносных заземлителей, включение заземляющих ножей);
- ограждение рабочего места или остающихся под напряжением токоведущих частей, к которым в процессе работы можно прикоснуться или приблизиться на недопустимое расстояние. При проведении работ со снятием напряжения в действующих электроустановках или вблизи них:
 - отключение установки (части установки) от источника питания электроэнергии;
 - механическое запираение приводов отключенных коммутационных аппаратов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий и другие мероприятия, обеспечивающие невозможность ошибочной подачи напряжения к месту работы;

- установку знаков безопасности и ограждение остающихся под напряжением токоведущих частей, к которым в процессе работы можно прикоснуться или приблизиться на недопустимое расстояние;
- наложение заземлений (включение заземляющих ножей или наложение переносных заземлений);
- ограждение рабочего места и установка предписывающих знаков безопасности. При проведении работ на токоведущих частях, находящихся под напряжением: выполнение работ по наряду не менее чем двумя лицами, с применением электрозащитных средств, с обеспечением безопасного расположения работающих и используемых механизмов и приспособлений.

6.3 Мероприятия по пожарной безопасности

Мероприятия по противопожарной безопасности направлены на обеспечение сохранности имущества на объектах бытовой и хозяйственной деятельности, здоровья и жизни граждан. Основной их целью выступает поддержание необходимых условий на участках скопления материальных ценностей или людей за счет беспрекословного соблюдения установленных норм и требований. Важнейшим вопросом противопожарных мероприятий на участке является пожарная профилактика, направленная на предупреждение возникновения пожаров. Она включает в себя большой комплекс мероприятий: обеспечивание безопасности людей и разработка инструкцию по безопасности для каждого отдельного рабочего помещения; допуск персонал к работе только после инструктажа, при изменении специфики работы вносить изменения в инструктаж; усиление бдительности к возникновению пожаров всех работающих на предприятии; в каждом рабочем помещении на видном месте необходимо размещение табличек с номером вызова пожарной охраны; оснащение пожарных постов необходимым пожарным инструментом и огнегасительными средствами, предотвращение распространения огня, устройство путей эвакуации работающих в случае пожара. На участке должны

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		87

быть предусмотрены: телефон, пожарные средства связи, пожарная сигнализация, противопожарные посты, оснащенные необходимым пожарным инвентарем (багры, топоры, лопаты), первичные средства тушения пожаров – сухой песок, углекислые и порошковые огнетушители и др. Огнетушители должны быть опломбированы, иметь учетные номера и бирки, маркировочные надписи на корпусе, окрашены в красный сигнальный цвет и размещены на высоте не более 1,5 м от уровня пола. Курить разрешается только в специально отведенных для этого местах. Нельзя разбрасывать промасленные обтирочные концы, ветошь, тряпки. К концу рабочей смены все эти промасленные отходы необходимо собрать и сложить в закрываемые железные ящики. При нахождении более чем 10 человек на этаже необходимо утвердить и повесить на видном месте план/схему эвакуации, установить систему оповещения. Проводить не реже чем раз в полгода учебную эвакуацию, если на объекте работает свыше 50 человек. Для объектов с ночным пребыванием людей должна быть инструкция отдельно на ночное и дневное время. В соответствии с требованием МЧС необходимо соблюдать расстояния, не воздвигая в непосредственной близости от жилых домов и других объектов складские помещения и другие пожароопасные сооружения. Объемные самосветящиеся знаки пожарной безопасности с автономным питанием и от электросети, используемые на путях эвакуации должны постоянно находиться в исправном и включенном состоянии.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		88

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектирование и разработка технологических процессов изготовления деталей должно вестись в соответствии с требованиями единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), которая предусматривает широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Данная работа представляет собой расчетно-графическую работу, в которой обобщаются все технологические познания и навыки, приобретенные за время обучения. Здесь анализируется действующий технологический процесс, выявляются его недостатки и разрабатывается проектный вариант технологического процесса. Для проектного варианта технологического процесса было изменено основное технологическое оборудование с учётом автоматизации механической обработки заготовки. Так же была сформирована операционно-маршрутная технология, произведён размерно-точностной анализ проектного варианта технологического процесса, рассчитаны режимы резания и нормы времени на все операции. В конструкторской части была проанализированы и выбраны технологическая оснастка и режущий инструмент, был рассчитан специальный режущий инструмент, а также спроектированы операции технологического контроля и выбрано измерительное оборудование. Была разработана схема гибкого производственного участка для изготовления детали «Крышка ступицы гребного винта». Для автоматизации участка определены составы станочного и вспомогательного оборудования, а также разработана структура АТСС и АСУО. Были указаны меры и средства по созданию безопасных и безвредных условий труда, мероприятия по электробезопасности, а также мероприятия по пожарной безопасности.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков. – Москва.: Машиностроение 2007. – 368 с.

2. Гузеев, В.И. Техническое нормирование операций механической обработки деталей: учебное пособие. – 2-е изд., перер. / И.М. Морозов, В.И. Гузеев, С. А. Фадюшин. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 358 с.

3. Фельдштейн, Е.Э. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование. Учебное пособие. / под ред. Е.Э. Фельдштейна, – 2-е изд., перер. и доп. – Мн.: Дизайн ПРО, 2002. – 320 с.

4. Шамин, В.Ю. Теория и практика решения конструкторских и технологических размерных цепей: электронное учебное пособие. – 5-е изд., перер. и доп. / В.Ю. Шамин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2012. – 530 с.

5. Мясников, Ю.И. Системное проектирование станочных приспособлений: справочник: в 2 т./ Ю.И. Мясников, В.Ю. Мясников; под ред. В.И. Гузеева. – М.: Машиностроение, 2010. – Т. 2. – 336 с.

6. Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений: учебное пособие / А.П. Белоусов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1980. – 240 с.

7. Общий каталог металлорежущего инструмента фирмы – ISKAR.

8. Общий каталог металлорежущего инструмента фирмы – КОМЕТ.

9. Общий каталог металлорежущего инструмента фирмы – Pramet.

10. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 97 с.

11. Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах: учебное пособие/ В.Н. Бекасова, С.И. Боровик, Н.В. Глотова и др.; под ред. И.С. Окраинской. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 166 с.

12. Инструментальная оснастка – <http://osnastik.ru/>.

					ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

13. ГОСТ 12.3.025-80 ССБТ. Обработка металлов резанием. Требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2008. – 15 с.

14. Каширин, Н.А. Технологическая документация при выполнении дипломных и курсовых проектов: Учебное пособие. Компьютерная версия. / Н.А. Каширин, И.М. Морозов, В.А. Батуев. – 2-е изд., перер. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 74 с.

15. ГОСТ 12.1.019-79 (2001). ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защит.

16. ГОСТ 12.3.002-75 (1990). ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

17. ГОСТ 12.1.004-91 (1999). ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

					<i>ЮУрГУ-15.03.05.2020.453 ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		91