

АННОТАЦИЯ

Дипломный проект содержит 114 листов печатного текста, 11 иллюстраций, 35 таблиц, 33 использованных источников, 4 приложения.

Перечень ключевых слов: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР С ЧПУ, КОРПУС ГИДРОЦИЛИНДРА, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА.

В дипломном проекте усовершенствован базовый технологический процесс механической обработки детали «Корпус гидроцилиндра».

Подобраны элементы режима резания для механических операций, проводимых на токарно-фрезерном обрабатывающем центре с ЧПУ, а также нормы времени на изготовление одной детали.

Разработана управляющая программа.

Выполнен расчёт сил зажима.

Произведено экономическое обоснование применения обрабатывающего центра с ЧПУ.

В методической части выполнен анализ профессиональных стандартов профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ». Разработан учебно-тематический план повышения квалификации по выбранной профессии, также план-конспект занятия теоретического обучения, презентация и вопросы по теме «Органы управления и стойки станка MULTUS-B300W».

					ДП 44.03.04.023.ПЗ			
Из	Лис	№	Подп	Дата	Совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Корпус гидроцилиндра» Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листо
Разраб.		Ершов					3	114
Пров.		Мирошин						
Н		Суриков						
Зав		Бородина				ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО Кафедра ТМС		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ О ДЕТАЛИ	7
1.1. Служебное назначение детали и материала	7
1.2. Анализ технических требований к детали	11
1.3. Анализ технологичности детали	13
1.3.1. Качественный анализ детали	13
1.3.2. Количественный анализ детали	14
1.4. Анализ базового технологического процесса	16
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	19
2.1. Определение типа производства	19
2.2. Выбор заготовки и метода ее изготовления	21
2.3. Выбор технологических баз и разработка схем базирования	28
2.4. Разработка технологического маршрута обработки	30
2.5. Выбор оборудования, технологического оснащения	32
2.6. Расчет припусков на механическую обработку	38
2.7. Расчет точности обработки	40
2.8. Выбор металлорежущего инструмента и расчет режимов резания	44
2.9. Расчет технических норм времени	50
3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ	52
3.1. Программирование в системе ADCAD (ADEM)	52
3.2. Разработка управляющей программы	55
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	61
4.1. Расчет количества оборудования	61
4.2. Расчет технологической себестоимости детали	62
4.2.1. Расчет численности основных рабочих	62
4.2.2. Трудоемкость изготовления детали	64
4.2.3. Расчет заработной платы рабочих	65
4.2.4. Затраты на электроэнергию	66

						ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			4

4.2.5. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования.....	67
4.2.6. Затраты на эксплуатацию инструмента	69
4.3. Расчет технологической себестоимости	71
4.4. Расчет роста производительности	72
5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	74
5.1. Анализ профессионального стандарта оператора станков с ЧПУ	74
5.2. Учебно-тематический план переподготовки токаря	79
5.3. Разработка методики проведения занятия	84
5.4 Программа обучения операторов-наладчиков токарно-фрезерных станков с ЧПУ оснащенных системой ЧПУ OSP-P200.	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	91
Приложение А – Перечень графических материалов	95
Приложение Б – План конспект занятия теоретического обучения	96
Приложение В – Презентация к занятию.....	107

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является одной из важных промышленных областей. Орудия труда, которые создаются в данной области и существенно влияют на темпы роста и ускорение НТП во всех остальных областях.

Улучшение современного машиностроительного производства неразрывно связано с развитием технологии машиностроения как науки. Автоматизация, оснащение высокопроизводительным оборудованием и механизация дают повышение эффективности и интенсификации производства, повышению его рентабельности, улучшении качества выпускаемой продукции самой отрасли в целом. Так же можно с уверенностью сказать что внедрение прогрессивных технологий и их развитие характеризуется быстрой окупаемостью.

Учитывая актуальность данных вопросов целью ВКР, является совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Корпус гидроцилиндра».

Для достижения цели в данной ВКР требуется решить следующий ряд задач:

1. Проанализировать исходные данные для проектирования и выявить задачи для работы.
2. Разработать технологический процесс с выбором методов получения заготовки, обработки, схем базирования и расчетом режимов резания.
3. Рассмотреть вопросы составления управляющей программы для станка с ЧПУ в системе ADEM CAD.
4. Рассчитать экономическую эффективность применяемого техпроцесса.
5. Разработать учебно-тематический план переподготовки токаря на оператора станков с ЧПУ

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ О ДЕТАЛИ

1.1. Служебное назначение детали и материала

Деталь «Корпус гидроцилиндра» является деталью гидроцилиндра. Двусторонний поршневые гидравлические цилиндры применяются в объемных гидроприводах строительных, дорожных, коммунальных машин и оборудования, тракторов и сельскохозяйственных машин, поставляемых на рынок внутри страны и экспорт. Гидроцилиндры должны изготавливаться исполнений У, УХЛ, ХЛ, Т категории I по ГОСТ 15150-69.

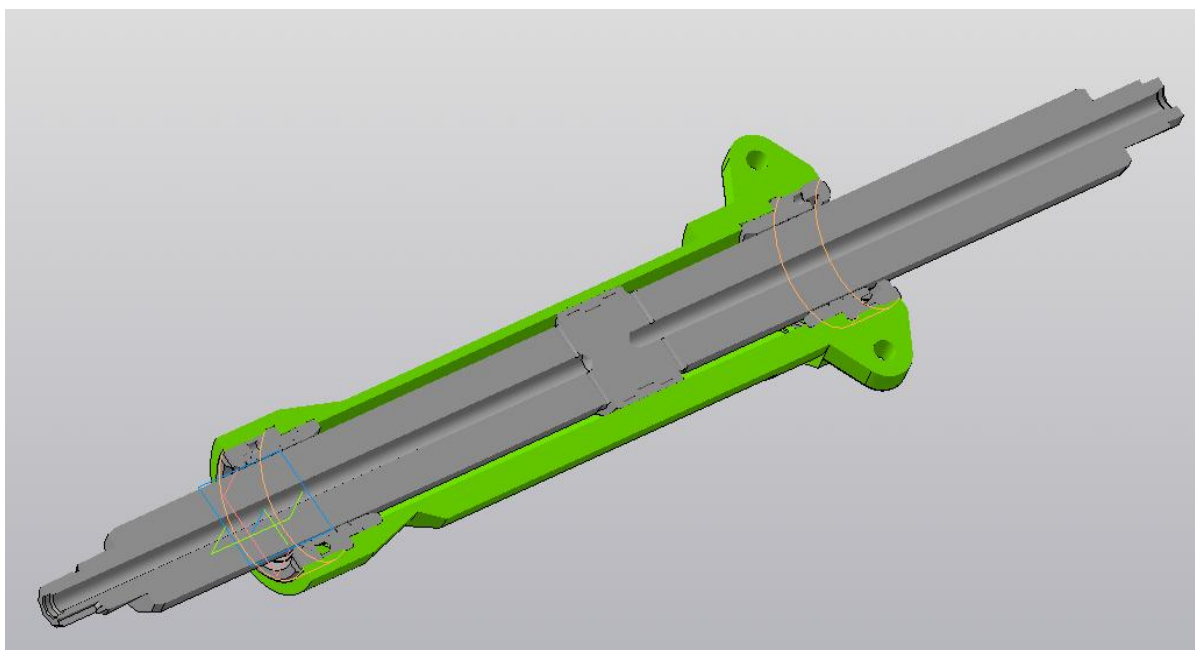


Рисунок 1 - Общий вид гидроцилиндра с разрезом

Покрyтия гидроцилиндров металлические и неметаллические неорганические должны соответствовать требованиям ГОСТ 9.303-84, ГОСТ 9.301-86

Материалы, применяемые для изготовления гидроцилиндров, соответствуют стандартам и техническим требованиям, указанным в чертежах. При отсутствии сертификатов предприятия-поставщика

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

предприятию-изготовителю предоставляется право производить аттестацию материалов.

Комплектующие изделия (покупные изделия и изделия, поступающие по кооперации) должны соответствовать установленным на них стандартам или ТУ, что должно быть подтверждено соответствующим документом завода - изготовителя.

Материалы и комплектующие изделия должны быть подвергнуты входному контролю в соответствии с требованиями ГОСТ 24297 - 87. Материалы и комплектующие изделия, не прошедшие входной контроль, в производство, на сборку и комплектацию не допускаются.

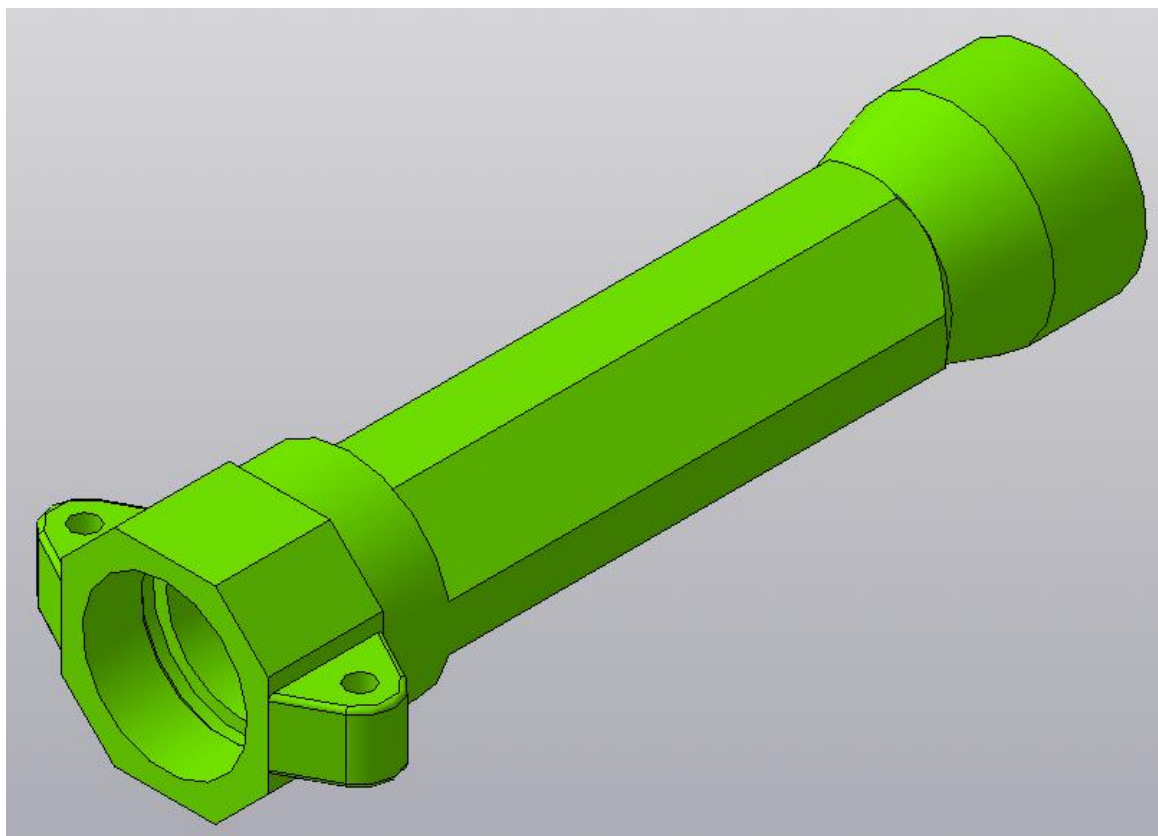


Рисунок 2 - Общий вид корпуса гидроцилиндра

Деталь «Корпус гидроцилиндра» служит для распределения рабочей жидкости в гидроцилиндре.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Деталь «Корпус гидроцилиндра» представляет собой корпусную деталь. Габаритные размеры детали 150x90 и L=383мм масса 6,5кг. Внутренняя полость Ø 60H8 имеет шероховатость Ra0,4 – является основной базовой поверхностью. Деталь имеет две внутренние резьбы M75x2-6H для установки фиксирующих гаек и две проточки Ø 65H8 для установки втулок.

Деталь сложная по конструкции, так как отверстия для монтажа гидроцилиндра расположены в параллельных плоскостях. Деталь имеет различные канавки для выхода резьбонарезного инструмента и шлифовального круга. К детали предъявляются повышенные требования к взаимному расположению поверхностей.

На проушинах детали выполняются 2 отверстия Ø12H8. На наружной поверхности корпуса имеются две восьмигранные поверхности с размером под ключ S90 и S70.

- допуск перпендикулярности торцев 0,1 относительно базы Г.
- допуск соосности внутренних резьб и проточек 0,1 относительно базы Г.
- радиальное биение внутренних резьб и проточек 0,05 относительно базы Г.

Шероховатость предъявляемая к большинству размеров $\sqrt{Ra12,5}$.
Остальные поверхности являются не ответственными и выполняются с шероховатостью $\sqrt{Ra6,3}$

Деталь выполнена из стали 40XH ГОСТ 4543-71 - конструкционная легированная. Из этой стали изготавливают Оси, валы, шатуны, зубчатые колеса, валы экскаваторов, муфты, валы-шестерни, шпиндели, болты, рычаги, штоки, цилиндры и другие ответственные нагруженные детали, подвергающиеся вибрационным и динамическим нагрузкам, к которым

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

предъявляются требования повышенной прочности и вязкости. Валки рельсобалочных и крупносортовых станов для горячей прокатки металла.

Таблица 1 - Химический состав стали 40ХН (ГОСТ 4543-71)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.36 - 0.44	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	1 - 1.4	до 0.035	до 0.035	0.45 - 0.75	до 0.3

Температура критических точек материала 40ХН.

$$Ac_1 = 735, Ac_3(Ac_m) = 768, Ar_3(Arc_m) = 700, Ar_1 = 660, Mn = 305$$

Технологические свойства материала 40ХН.

Свариваемость:	трудносвариваемая.
Флокеночувствительность ¹ :	чувствительна.
Склонность к отпускной хрупкости:	склонна.

*¹**Флокеночувствительность** - склонность стали и некоторых сплавов к поражению флокенами¹.

*¹**Флокены** - внутренние трещины (дефекты) в стальных поковках и прокатной продукции (иногда в слитках и отливках)

Таблица 2 - Механические свойства стали 40ХН

Временное сопротивление при растяжении σ_b , МПа	Предел текучести σ_t , МПа	Относительное удлинение δ , %
980	785	11

Проведя анализ всех вышеперечисленных характеристик химического состава и физико-механических свойств данного материала, можно сделать

вывод о том, что для изготовления детали подобрана оптимальная марка, отвечающая всем требованиям точности, качества и последующей эксплуатации.

1.2. Анализ технических требований к детали

К корпусам гидроцилиндров предъявляются следующие требования:

1. Толщина стенок корпуса гидроцилиндра, кроме трещин по сварным швам;
2. Износ или продольные риски на поверхности трения более допустимого ремонтными документами размера.

Выбраковка корпусов гидроцилиндра происходит согласно следующих требований:

3. Значения наружных утечек превышают установленные в нормативно-технической документации для гидроцилиндров конкретного типоразмера;
4. Скорость перемещения штока (отсоединенного от рабочего органа) во время подачи рабочей жидкости в штоковую полость (при заполненной и перекрытой безштоковой полости) превышает установленные в нормативно-технической документации значения;
5. Любая трещина одной из проушин корпуса гидроцилиндра;
6. Предельный изгиб или местное отслоение упрочненного слоя штока;
7. Предельный износ, задиры рабочей поверхности корпуса гидроцилиндра или штока;
8. Поломки деталей цилиндра, требующие его разборки и замены этих деталей.

К корпусу гидроцилиндра по чертежу предъявляем следующие требования:

1. На поверхности проушин дефекты не допускаются.
2. Материал-заменитель сталь 45 ГОСТ 1050-88

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

3. Неуказанные предельные отклонения: отверстий H14, валов h14, остальных $\pm \frac{IT14}{2}$

4. Неуказанные размеры радиусов: наружных не более 1 мм, внутренних не более 2 мм.

5. Технические требования по ГОСТ 15160-69

К центральному отверстию предъявляются требования к шероховатости Ra 0,4. Отверстия под сальники выполняются с шероховатостью Ra 1,6. Резьба M75x2 выполняется с шероховатостью Ra 3,2. Шероховатость остальных поверхностей Ra12.5мкм.

Основная базовая поверхность это отверстие Ø 60H8 с базой Г. К торцам предъявляются допуски к перпендикулярности 0,1 к базе Г. Внутренние поверхности под сальники и резьбу выполняются с допусками к радиальному биению 0,05мм и допускам к соосности 0,05 мм.

На основании анализа технологических требований сформулируем технологические задачи: обеспечение concentricity наружных поверхностей с отверстием и перпендикулярности торцов к оси отверстия.

Точность размеров. Диаметры наружных поверхностей выполняют по h6, h7; отверстия по H7, реже по H8, для ответственных сопряжении по H6.

Точность формы, В большинстве случаев особые требования к точности формы поверхностей не предъявляются, т.е. погрешность формы не должна превышать определённой части поля допуска на размер.

Точность взаимного расположения:

- concentricity наружных поверхностей относительно внутренних поверхностей 0,015...0,075 мм;

- разностенность не более 0,03...0,15 мм;

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

- перпендикулярность торцовых поверхностей к оси отверстия 0,2 мм на радиусе 100 мм, при осевой загрузке на торцы отклонения от перпендикулярности не должно превышать 0,02...0,03 мм.

Качество поверхностного слоя. Шероховатость внутренних и наружных поверхностей вращения соответствует $Ra = 1,6...3,2$ мкм, торцов $Ra = 1,6...6,3$ мкм, а при осевой нагрузке $Ra = 1,6...3,2$ мкм. Для увеличения срока службы твердость исполнительных поверхностей втулок выполняется HRC 40...60.

1.3. Анализ технологичности детали

1.3.1. Качественный анализ детали

Конструкция детали «Корпус гидроцилиндра» в целом технологична, назначение детали делает невозможным какое-либо упрощение конструкции; замена материала нецелесообразна:

- конструкция допускает обработку конструкторской базы напроход;
- имеется свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям, так как на детали не имеется трудно выполнимых элементов;
- деталь не имеет тонких стенок;
- материал детали выбран правильно;
- размеры и поверхности детали имеют оптимальную точность и шероховатость; Точность и шероховатость поверхностей детали легко достижима при применении современных методов обработки;
- физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры соответствуют требованиям технологии изготовления;
- сопряжения поверхностей детали различных шероховатости и точности соответствуют методам и средствам обработки;

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

- конструкция детали обеспечивает возможность применения стандартного инструмента, а так же применение типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления;

- поверхности отверстий соответствуют по форме стандартному инструменту.

- Проушины являются нетехнологичным элементом конструкции.

В целом конструкция достаточно технологична, т.к. позволяет использовать производительное оборудование и выбрать удобные базы для установки.

Деталь допускает применение высокопроизводительных режимов резания. Прогрессивный металлорежущий инструмент, имеющий высокую стойкость и возможность замены не всего инструмента, а только вставных пластин позволяет форсировать режимы обработки.

Все размеры данной детали можно измерить стандартным и специальным мерительным инструментом.

1.3.2. Количественный анализ детали

Количественную оценку технологичности проведем по следующим показателям: коэффициенты использования материала ($K_{И.М.}$), точности обработки ($K_{Т.ч.}$), шероховатости поверхности ($K_{Ш}$).

Коэффициент точности:

$$K_{Т.ч.} = 1 - \frac{1}{A_{СР}}$$

где $A_{СР}$ - средний квалитет точности обработки детали по всем поверхностям.

Коэффициент шероховатости:

$$K_{Ш} = \frac{1}{B_{СР}}$$

где $B_{СР}$ – среднее числовое значение параметра шероховатости всех поверхностей детали.

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.023.ПЗ				

Анализ рабочего чертежа детали табл. 3

Таблица 3 – Анализ рабочего чертежа

Наименование поверхностей	Количес тво поверхностей	Ква литет точности	Параметр шероховатости, мкм
Центральное отверстие	1	8	0,4
Отверстие	2	8	1,6
Резьба внутренняя	2	7	3,2
Наружная поверхность	2	14	12,5
Отверстия	2	8	12,5

$$A_{cp} = \frac{7*2 + 8*5 + 14*2}{9} = 9,11,$$

$$B_{cp} = \frac{0,4*1 + 1,6*2 + 3,2*2 + 12,5*4}{9} = 6,66$$

Определяем $K_{тч}$ и $K_{ш}$.

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{9,11} = 0,89,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{6,66} = 0,15$$

Так как $K_{тч} > 0,8$, а $K_{ш} < 0,32$ деталь можно считать технологичной.

На основании качественного и количественного анализа на технологичность можно сделать следующий вывод: деталь вполне технологична, нет необходимости вносить в ее конструкцию какие-либо изменения.

1.4. Анализ базового технологического процесса

Рассмотрим базовый технологический процесс изготовления «Корпуса гидроцилиндра».

Таблица 4 – Базовый технологический процесс

№ опер	Наименование	Тшт., мин.
1	2	3
005	Заготовительная	0,31
010	Маркировочная	0,04
015	Слесарная	0,12
020	Токарная	9,3
025	Термическая	0,91
030	Токарная	0,04
035	Пескоструйная	0,8
040	Токарная	13,20
045	Слесарная	0,32
050	Фрезерная	10,27
055	Слесарная	0,46
060	Фрезерная	1,03
065	Слесарная	0,96
070	Токарная	12,0
075	Координатная	1,03
080	Слесарная	0,032
085	Гальваническая	0,24
090	Маркировочная	0,024
095	Малярная	0,24

Как видно базовый технологический процесс разработан для единичного типа производства. Обработка ведется на устаревшем оборудовании с использованием малопроизводительного режущего инструмента.

На токарных операциях используются специально изготовленные заглушки, которые защищают заготовку от повреждений внутренней поверхности на последующих операциях.

Анализируя исходный технологический процесс производства изготовление детали «Корпус» экономически и целесообразно с позицией использования современного оборудования, можно заменить токарную, координатную и фрезерную в одну многооперационную с применением одного станка. При этом отпадает необходимость в трех разнотипных станках. И наиболее приемлема токарная обработка с применением многофункционального станка с ЧПУ. Отверстия на проушинах являются нетехнологичными поверхностями, так как их оси располагаются перпендикулярно оси основного отверстия и вызывают трудности при изготовлении.

В качестве режущего инструмента возможно применение резцов, фрез и сверл, которые оснащены пластинками из твердых сплавов. Это позволит увеличить стойкость инструмента, увеличить скорость резания и получить экономию средств и времени.

На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод, что при использовании рекомендаций предложенных в результате анализа базового техпроцесса и предложенного подхода к обработке детали «Корпус»:

1. Позволит сократить время на установку, закрепление и выверку приспособлений, заготовок и режущего инструмента;
2. На многофункциональном станке с ЧПУ одновременно выполнение нескольких переходов, концентрации различных видов обработки в рабочей позиции, использованию автоматического рабочего цикла, исключаящего

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

непосредственное влияние субъективного фактора (рабочего - оператора) на длительность цикла позволит достигнуть высокой производительности и качество обработки.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Определение типа производства

Тип производства – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности и объема выпуска изделий. Различают три типа производства: единичное, серийное, массовое (ГОСТ 14.004-83).

В соответствии с Таблицей 5 предварительно определим тип производства.

Таблица 5 - Зависимость типа производства от объема годового выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	среднесерийное	Массовое
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	< 10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
> 10	< 10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Годовая программа – 500 шт., масса детали составляет 6,5 кг. соответственно выпуск детали имеет характер среднесерийного производства.

Принимаем поточную организацию производства. При поточной организации производства такт производства деталей определяется по формуле:

$$\tau_{\text{в}} = \frac{60 \cdot F_{\text{д}}}{N} \text{ мин,}$$

где $F_{\text{д}}$ - действительный годовой фонд времени,, принимаем для односменной работы 2070ч.;

N - годовая программа выпуска деталей, шт.

$$\tau_{\text{в}} = \frac{60 \cdot 2070}{500} = 248,4 \text{ мин.}$$

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.023.ПЗ				

Групповая форма организации производства характеризуется периодическим запуском деталей партиями.

Количество деталей в партии для одновременного запуска определяется упрощенным способом по формуле

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \text{ шт.},$$

где a - периодичность запуска в днях (рекомендуется следующая периодичность запуска деталей: 3, 6, 12, 24 дня);

254 - количество рабочих дней в году.

$$n = \frac{500 \cdot 3}{254} = 5,9 \text{ шт.}$$

Размер партии может быть скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства. С этой целью размер партии принимают не менее сменной выработки.

Располагая штучным временем, затраченным на каждую операцию, можно определить количество станков:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}},$$

где N - годовая программа, шт;

$T_{шт}$ - штучное или штучно - калькуляционное время, мин;

F_d - действительный годовой фонд времени, $F_d = 2070$ ч. (при двухсменной работе);

$\eta_{з.н}$ - нормативный коэффициент загрузки оборудования;

Среднее значение нормативного коэффициента загрузки оборудования на участке цеха при двухсменной работе следует принимать: для мелкосерийного производства - $0,8 \div 0,9$; серийного - $0,75 \div 0,85$; среднесерийного и массового - $0,65 \div 0,75$.

Затем вычислим значение фактического коэффициента загрузки рабочего места по формуле:

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P},$$

где m_p – расчетное количество станков;

P – количество рабочих мест.

Расчеты ведем с помощью приложения Microsoft Excel

Таблица 6 - Определение типа производства

№ опер	Наименование	Тшт., мин.	m_p	P	$\eta_{з.ф.}$
005	Заготовительная	0,31	0,0018	1	0,0018
020	Токарная	9,3	0,0535	1	0,0535
030	Токарная	0,04	0,0002	1	0,0002
040	Токарная	13,20	0,0759	1	0,0759
050	Фрезерная	10,27	0,0591	1	0,0591
060	Фрезерная	1,03	0,0059	1	0,0059
070	Токарная	12,0	0,0690	1	0,0690
075	Координатная	1,03	0,0059	1	0,0059
				8	

2.2. Выбор заготовки и метода ее изготовления

Данную деталь «Корпус» возможно изготавливать поковкой, которая получается методом горячей объемной штамповки на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП), а так же из проката. Проведем технико-экономическое сравнение двух вариантов заготовок и выберем наиболее оптимальный вариант.

Первый способ получения заготовки поковки – открытая штамповка на КГШП. Расчеты ведем по ГОСТ 7505-89 Поковки штампованные. Принимаем степень точности поковки Т4 для открытой (облойной)

штамповки [1, прил.1, табл.19]. Тогда массу штамповки $M_{шт}$, кг определим по формуле:

$$M_{шт} = M_d \cdot K_p, \text{ кг},$$

где M_d – масса детали, кг;

Согласно чертежу $M_d = 6,5$ кг;

K_p – расчетный коэффициент массы, принимается $K_p = 1,5$ [11, стр.256]

Таким образом $M_{шт} = 6,5 \cdot 1,5 = 9,75$ кг.

Рассчитаем массу фигуры (цилиндра), которая описывает заготовку детали «Корпус» в соответствии с формулой:

$$M_{\phi} = \frac{\pi \cdot d_{\phi}^2}{4} \cdot L_{\phi} \cdot \rho, \text{ кг},$$

Где L_{ϕ} – длина цилиндра, который описывает заготовку, мм. Для его расчета примем длину детали «Корпус», увеличенную в 1,05 раза, то есть $L_{\phi} = 383 \cdot 1,05 = 402$ мм;

d_{ϕ} – диаметр цилиндра, который описывает заготовку, мм. Принимается как максимальный диаметр «Вала редуктора общего назначения», который надо увеличить в 1,05 раза, то есть $d_{\phi} = 150 \cdot 1,05 = 158$ мм;

$\rho = 7850 \cdot 10^{-9}$ кг/мм³ – удельный вес стали 40ХН.

$$\text{Таким образом } M_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 158^2}{4} \cdot 402 \cdot 7850 \cdot 10^{-9} = 55 \text{ кг}$$

Выбираем степень сложности – характеристику формы поковки, для оценки ее качества при назначении припусков и допусков. Поскольку отношение массы поковки Корпуса к массе описывающей ее фигуры больше 0,63, соответственно степень сложности принимается С1 [прил.2].

Выбираем группу стали для 40ХН. Так как данная сталь содержит массовую долю углерода свыше 0,35 %, но не более 0,65 % принимается

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

группа стали – М2 [табл.1].

При получении заготовки из проката массу заготовки $M_{\text{ПР}}$, кг, определяем по формуле:

$$M_{\text{ПР}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{ПР}}^2}{4} \cdot L_{\text{ПР}} \cdot \rho,$$

где $D_{\text{ПР}}$ - диаметр сортового проката, мм, принимаем диаметр детали, увеличенный в 1,05 раза;

$L_{\text{ПР}}$ - длина заготовки из сортового проката, мм, принимаем длину детали, увеличенную в 1,05 раза;

Таким образом $D_{\text{ПР}} = 150 \cdot 1,05 = 158$ мм, по ГОСТ 2590-71 принимаем прокат обычной точности диаметром 160 мм; $L_{\text{ПР}} = 383 \cdot 1,05 = 402$ мм, принимаем 402мм.

$$M_{\text{ПР}} = \frac{3,14 \cdot 160^2}{4} \cdot 402 \cdot 7850 \cdot 10^{-9} = 58 \text{ кг}$$

Технико-экономическое обоснование проведем на основании экономического расчета в результате, которого возможно установить окончательное решение по выбору способа изготовления заготовки «Корпуса». В качестве критерия оптимальности принимаем минимальную стоимость изготовления детали «Корпуса», которую находим по формуле:

$$C_{\text{д}} = C_{\text{з}} + C_{\text{МО}} - C_{\text{ОТХ}}, \text{ руб.},$$

где $C_{\text{МО}}$ – стоимость последующих механических обработок, руб.;

$C_{\text{з}}$ – стоимость исходной заготовки «Корпус», руб.;

$C_{\text{ОТХ}}$ – стоимость стружки и прочих отходов при механической обработке, руб.

Значения всех переменных принимаем с учетом коэффициента приведения цен.

Стоимость варианта штамповки определяем по формуле:

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

$$C_3 = C_B \cdot M_{\text{шт}} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\text{п}}, \text{ руб.},$$

где C_B – базовая стоимость 1 кг заготовок, руб./кг. Согласно сортамента принимаем $C_B = 133,1$ руб./кг;

$M_{\text{шт}}$ – ориентировочная масса штамповки, кг;

k_T – коэффициент точности. Принимаем для штамповки степени точности Т4 $k_T = 0,94$ [6, стр. 25];

k_c – коэффициент сложности. Принимаем для детали 4 группы сложности $k_c = 1,13$ [6, стр. 25];

k_B – коэффициент веса. Принимаем $k_B = 0,88$ [6, стр. 25];

k_M – коэффициент марки материала. $k_M = 1,0$ (учтена в стоимости материала);

$k_{\text{п}}$ – коэффициент программы. Принимаем $k_{\text{п}} = 1,0$ [6, стр. 25].

Рассчитываем стоимость штампованной заготовки «Корпус»:

$$C_3 = 133,1 \cdot 9,75 \cdot 0,94 \cdot 1,13 \cdot 0,88 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1213,03 \text{руб.}$$

Стоимость механической обработки «Корпус» определяем по формуле:

$$C_{\text{МО}} = (M_{\text{шт}} - M_{\text{д}}) \cdot C_{\text{уд}},$$

где $C_{\text{уд}}$ – удельные затраты на съём 1 кг материала, руб./кг.

Удельные затраты при механической обработке «Корпус» определяем по формуле:

$$C_{\text{уд}} = C_{\text{с}} + E_{\text{н}} \cdot C_{\text{к}},$$

где $C_{\text{с}}$ – текущие затраты, руб./кг;

$$C_{\text{с}} = 20,72 \text{ руб./кг};$$

$E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$$E_{\text{н}} = 0,16;$$

$C_{\text{к}}$ – капитальные затраты, руб./кг;

$$C_{\text{к}} = 45,5 \text{ руб./кг.}$$

$$\text{Тогда } C_{\text{уд}} = 20,72 + 0,16 \cdot 45,5 = 28,00 \text{ руб./кг.}$$

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.023.ПЗ				

$$C_{MO} = (9,75 - 6,5) \cdot 28 = 91 \text{ руб.}$$

Стоимость отходов C_{OTX} , кг, является возвратной величиной и определяется по формуле:

$$C_{OTX} = (M_{ШТ} - M_{Д}) \cdot Ц_{OTX},$$

где $Ц_{OTX}$ – цена отходов (стружки), руб/кг,

$$Ц_{OTX} = 3,6 \text{ руб./кг.}$$

Стоимость отходов при изготовлении заготовки штамповкой

$$C_{OTX} = (9,75 - 6,5) \cdot 3,6 = 11,7 \text{ руб.}$$

Стоимость детали, при использовании штампованной заготовки

$$C_{Д} = 1213,03 + 91 - 11,76,55 = 1292,33 \text{ руб.}$$

Стоимость заготовки из проката определяем по формуле:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{O.З}, \text{ кг,}$$

где $C_{МПР}$ – стоимость материала 1 кг проката, руб/кг,

$$C_{МПР} = 108,6 \text{ руб./кг;}$$

$C_{O.З}$ – стоимость отрезки заготовки из проката, руб., определяется по формуле:

$$C_{O.З} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60},$$

где $C_{ПЗ}$ – приведенные затраты на рабочем месте, руб./ч;

для отрезных станков $C_{ПЗ} = 48,22 \text{ руб./ч;}$

$T_{ШТ}$ – штучное время на отрезку штучной заготовки, мин.

Штучное время $T_{ШТ}$, мин, определим по формуле:

$$T_{ШТ} = T_{O} \cdot \varphi_{к},$$

где T_{O} – основное технологическое время, мин;

$\varphi_{к}$ – коэффициент, учитывающий тип производства и вид оборудования, принимаем $\varphi_{к} = 1,5$.

Основное технологическое время T_{O} , мин, для отрезных станков определяем по формуле:

$$T_{O} = 0,19 \cdot 10^{-3} \cdot D_{ПР}^2,$$

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

где $D_{\text{ПР}}$ – диаметр проката, мм.

Таким образом: $T_0 = 0,19 \cdot 10^{-3} \cdot 160^2 = 4,86$ мин

$T_{\text{ШТ}} = 4,86 \cdot 1,5 = 7,3$ мин

$$C_{0,3} = \frac{48,22 \cdot 7,3}{60} = 5,86 \text{ руб}$$

$C_{\text{ПР}} = 108,6 \cdot 58 + 5,86 = 6304,66$ руб.

$C_{\text{ОТХ}} = (58 - 6,5) \cdot 3,6 = 185,4$ руб.

$C_{\text{МО}} = (58 - 6,5) \cdot 28 = 1442$ руб.

$C_{\text{Д}} = 6304,66 + 1442 - 185,4 = 7571,26$ руб.

Коэффициенты использования материала штамповки:

$\text{КИМ}_{\text{ШТ}} = M_{\text{Д}}/M_{\text{ШТ}} = 6,5/9,75 = 0,67,$

Проката : $\text{КИМ}_{\text{ПР}} = M_{\text{Д}}/M_{\text{ПР}} = 6,5/58 = 0,11.$

Таблица 7 – Анализ двух вариантов получения заготовки

Показатель	Вариант получения заготовки	
	Прокат	Штамповка
Масса заготовки, кг	58	9,75
КИМ	0,11	0,67
Стоимость детали, руб	7571,26	1292,33

Проведя анализ двух вариантов заготовок по себестоимости их изготовления можно сделать заключение, что наиболее оптимальным есть вариант получения заготовки методом открытой штамповки на КГШП.

Определим годовой экономический эффект $\mathcal{E}_{\text{Г}}$, руб., от внедрения штамповки по сравнению с прокатом:

$$\mathcal{E}_{\text{Г}} = (C_{\text{ПР}} - C_{\text{ШТ}}) \cdot N_{\text{Г}},$$

где $N_{\text{Г}} = 500$ шт/год - годовая программа выпуска.

Рассчитываем эффект: $\mathcal{E}_{\text{Г}} = (7571,26 - 1292,33) \cdot 500 = 3139465$ руб.

Таким образом, в результате сравнение технологической себестоимости двух вариантов заготовки: полученной штамповкой на КГШП и из проката, более эффективной оказалась штамповка. Экономический эффект в расчете на производственную программу составит 3139465рублей.

Припуски и допускаемые отклонения размеров поковок, штампуемых на КГШП определяют по ГОСТ 7505-89. В таблице 8 представлены припуски на обрабатываемые поверхности и номинальные размеры заготовки.

Выбор размеров поковки ведем по ГОСТ 7505-89.

Вначале назначим дополнительные припуски [6, табл.9,10стр. 63]:

1. Дополнительный припуск, который учитывает изогнутость поковки, для нашего случая принимаем 0,5 мм;
2. Дополнительный припуск, который учитывает смещение по плоскости разъема штампа КГШП, принимаем 0,3 мм.

Припуски, допуски и размеры штамповки сведем в табл 7.

Основные параметры заготовки принимаем по ГОСТ 7505-89. В качестве штамповочного оборудования принимаем кривошипный горячештамповочный пресс. Нагрев заготовки принимаем индукционный.

Находим исходный индекс – 12 [6, табл.2].

Таблица 8 – Назначение припусков, допусков и размеров заготовки

Параметры изготавливаемой детали		Параметры штамповки		
Размеры, мм	Шероховатость Ra, мкм	припуск на сторону, мм	допуск, мм	размер, мм
1	2	3	4	5
Ø65H8	0,4	$Z_1=1,9+0,8=2,7$	3,2 $\begin{matrix} +2,1 \\ -1,1 \end{matrix}$	Ø59,6 $\begin{matrix} +2,1 \\ -1,1 \end{matrix}$
Ø70H8	0,4	$Z_1=1,9+0,8=2,7$	3,2 $\begin{matrix} +2,1 \\ -1,1 \end{matrix}$	Ø64,6 $\begin{matrix} +2,1 \\ -1,1 \end{matrix}$

Продолжение таблицы 8 – Назначение припусков, допусков и размеров заготовки

1	2	3	4	5
Ø100,2	12,5	Z2=1,7+0,8=2,5	2,2 +1,4 -0,8	Ø105, +1,4 2 -0,8
150	1.6	Z3=1,7+0,8=2,5	2,2 +1,4 -0,8	155 +1,4 -0,8
30	12.5	Z4=1,4+0,8=2,2	2,2 +1,4 -0,8	34,4 +1,4 -0,8
383	12.5	Z5=1,4+0,8=2,2	2,2 +1,4 -0,8	387,4 +1,4 -0,8
55	12.5	Z6=1,6+0,8=2,4	2,4 +1,4 -0,8	55,2 +1,4 -0,8
33	12.5	Z7=1,6+0,8=2,4	2,4 +1,4 -0,8	33,2 +1,4 -0,8

Радиус закруглений наружных углов поковки принимаем 5 мм, тогда как радиусы закруглений внутренних углов поковки принимаем 7 мм. Допускаемая величина смещения по плоскости разъема штампа составляет 0,8 мм Допускаемая величина заусенца принимаем 7 мм. Штамповочные уклоны принимаем на наружных поверхностях не более 5°, на внутренних поверхностях не более 7°.

2.3. Выбор технологических баз и разработка схем базирования

В качестве черновых технологических баз, которые применяются однократно, примем наиболее протяженные, удобные для закрепления в стандартной технологической оснастке –

В первом случае черновой базой являются точки 1,2,3,4 –двойная направляющая база точка 5 – установочная, точка 6 – опорная. Схема показана на рисунке 3. В данном случае наружная поверхность Ø105,2 и левый торец, которые позволят равномерно распределить припуск на все поверхности обрабатываемой детали.

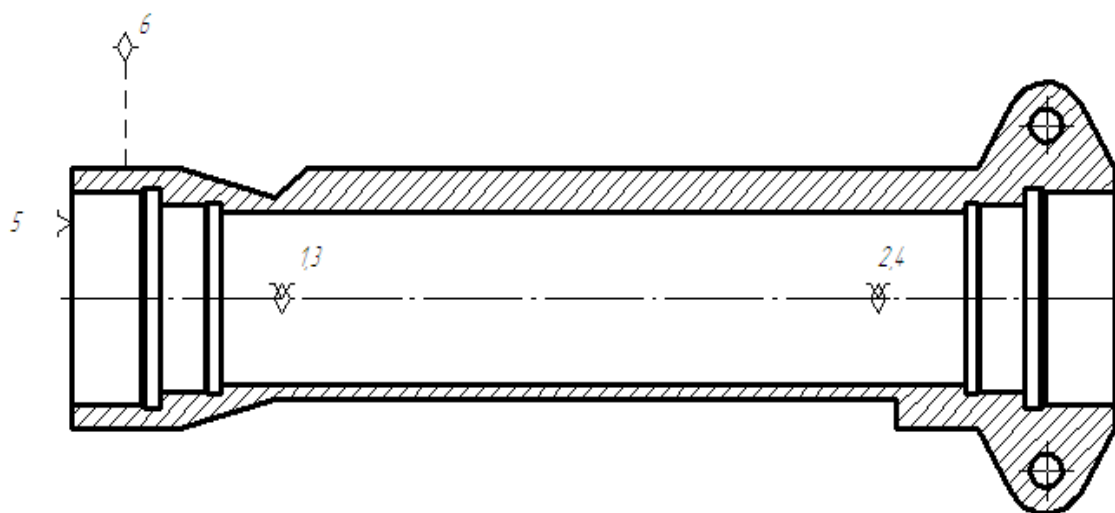


Рисунок 3 – Схема базирования (Установ А)

Во втором случае чистой базой являются точки 1,2,3,4 – двойная направляющая база точка 5 – установочная, точка 6 – опорная. Схема показана на рисунке 4. В данном случае внутренняя поверхность $\text{Ø}60\text{H}8$ и правый торец, которые позволят равномерно распределить припуск на все поверхности обрабатываемой детали.

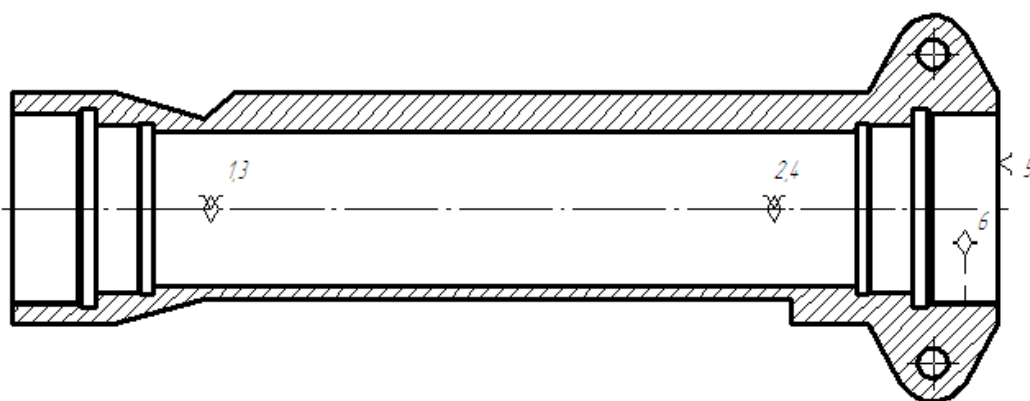


Рисунок 4 – Схема базирования (Установ Б)

Выбранные схемы базирования обеспечивают минимально возможное количество установов, в связи с чем снижается вспомогательное время.

Принцип базирования - совмещения и постоянства баз - соблюдается.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

2.4. Разработка технологического маршрута обработки

Разрабатываем оптимальный технологический маршрут обработки детали таким образом, чтобы обеспечить изготовление заданного количества деталей требуемого качества с наименьшими затратами. Обработка детали ведется в шпинделе с фрезеровкой проушин, а в противошпинделе с противоположного торца.

Для этого пронумеруем поверхности детали.

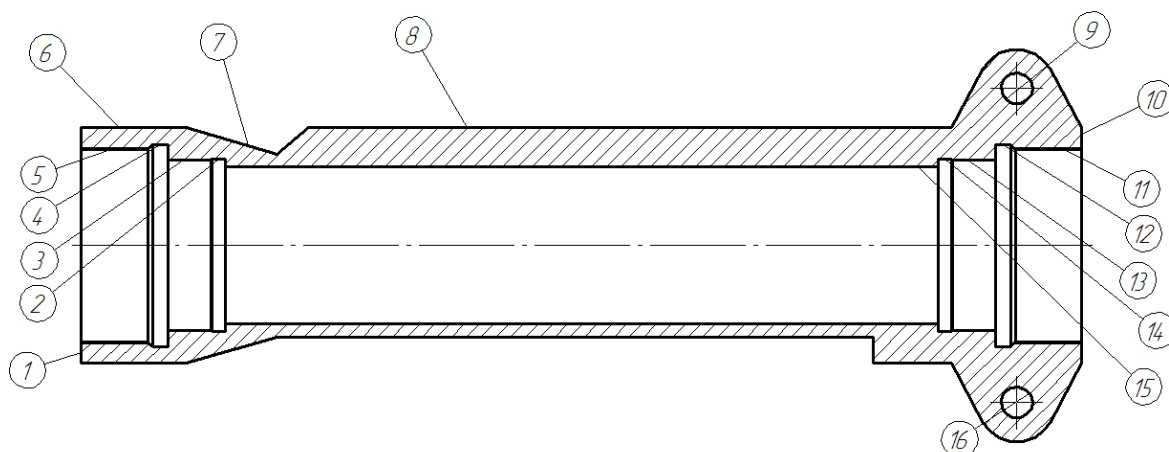


Рисунок 5 – Обозначения поверхностей

Предварительно просверлим отверстие 15 и произведем обработку внутренних проточек 3 и 5.

Предположительно деталь будет обрабатываться за два установка, наиболее рационально использовать станок с противошпинделем.

Таблица 9 – Разработанный вариант технологического процесса

№ операции	Наименование операции	Содержание операции
1	2	3
005	Заготовительная	Штамповка КГШП
010	Сверлильная	1. Сверлить отверстие 15 начерно в размер 56,9 мм.
015	Комплексная на ОЦ с ЧПУ	<p>Установ А (шпиндель) Позиция 1: Точить деталь начерно по программе:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Расточить отверстие 15 до $\varnothing 60$ мм на проход начисто. 2. Подрезать торец 10, выдерживая размер 385 мм. 3. Смена инструмента. 4. Расточить отверстие 13 до $\varnothing 63$ мм на проход начерно. 5. Расточить отверстие 13 $\varnothing 65$ мм на проход начисто. 6. Расточить отверстие 11 до $\varnothing 70$ мм на проход начерно 7. Расточить отверстие 11 $\varnothing 72$ мм на проход начисто под резьбу. 8. Смена инструмента 9. Точить канавки 12 и 14 10. Смена инструмента 11. Нарезать резьбу М75х2 в отверстии 1. 12. Смена инструмента 13. Фрезеровать проушины и восьмигранник 6 14. Смена инструмента 15. Сверлить отверстия 9 и 16 однократно.

Продолжение таблицы 9 – Разработанный вариант технологического процесса

1	2	3
		<p>Установ Б (противошпindelь)</p> <p>Позиция 1: Точить деталь начисто по программе:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Подрезать торец 1, выдерживая размер 383мм. 2. Смена инструмента. 3. Расточить отверстие 3 до $\varnothing 63$мм на проход начерно 4. Расточить отверстие 3 $\varnothing 65$ мм на проход начисто. 5. Расточить отверстие 5 до $\varnothing 70$мм на проход начерно 6. Расточить отверстие 5 $\varnothing 72$ мм на проход начисто под резьбу. 7. Смена инструмента 8. Точить канавки 2 и 4 9. Смена инструмента 10. Нарезать резьбу M75x2 в отверстии 5. 11. Смена инструмента 12. Фрезеровать восьмигранник 8 однократно 13. Смена инструмента 14. Точить коническую поверхность 7.
015	Слесарная	Притупить острые кромки
020	Гальваническая	
025	Контрольная	Проверить размеры по чертежу

2.5. Выбор оборудования, технологического оснащения

Для операции 010 Сверлильная принимаем станок для глубокого сверления AX TLW6, который позволит получить:

Диаметр отверстия, мм: 1.90-60.50

Глубина сверления: $\leq 100 \times D_c$

Точность отверстия: IT8

Шероховатость поверхности Ra, мкм: 0.1-3.0

СОЖ: Чистое масло

Допуск: $D_c = h5 \quad d_{mm} = d9$

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32



Рисунок 6 – Общий вид станка

AX TLW6 — одно шпиндельный станок, производства компании AUERBACH (Германия), для сверления глубоких отверстий в осесимметричных деталях с помощью пушечного сверла с твердосплавными пластинками.

Таблица 10 Технические характеристики станка AX TLW6

Наименование параметра	Значение параметра
Базовый станок	
Диапазон диаметров сверления ELB, мм	6,0 — 45,0
Глубина сверления, мм	до 700
Число шпинделей, шт.	1
Опционально	
Метод сверления BTA (STS), мм	20,0 — 65,0
Глубина сверления, мм	до 1600
Привод для вращения детали в противоположном направлении	+
Автоматическая подача деталей	+
Контроль поломки инструмента	+
Система пожарной безопасности	+

Стандартный объем поставки

1. Станина крутильно-жесткой сварной конструкции
2. Линейные направляющие качения и шарико-винтовая пара для передней бабки
3. Отвод стружки через стружечный шлюз
4. Эргономическое, отвечающее требованиям безопасности ограждение машины
5. Устройство центрирования детали, состоящее из двух базирующих элементов
6. Зажим детали с помощью оси задней бабки, управляемой ЧПУ
7. Система пожарной безопасности
8. Переносной электронный маховик
9. Чистящий / промывочный пистолет
10. Интегрированный контроль инструмента путем запроса крутящего момента
11. Управление SIEMENS

Для операции 015 Комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ принимаем токарно-фрезерный станок нового поколения MULTUS B300W предназначен для комплексной обработки деталей из различных материалов, в том числе и высоколегированных, закалённых сталей с твёрдостью поверхности HRC 58...60.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34



Рисунок 7 – Общий вид станка

Таблица 11 - Основные технические характеристики

№ п/п	Наименование	Ед. измер.	Величина
1	2	3	4
1	Максимальный диаметр обработки	мм	Ø630
2	Максимальная длина обработки	мм	900
3	Величина осевых перемещений: <ul style="list-style-type: none"> • По оси X • По оси Z • По оси Y • По оси W • По оси C • По оси B 	мм мм мм мм град. град.	580 (+560 –20) 935 160 (+80 –80) 1000 360° (с дискретностью 0,001°) 225° (-30 +195) (с дискретностью 0,001°)
4	Диапазон частоты вращения шпинделя L/R	об/мин	38-5000
5	Присоединительный конец шпинделя L/R	тип	JIS A2-6

Продолжение таблицы 11 - Основные технические характеристики

1	2	3	4
6	Диаметр сквозного отверстия шпинделя L/R	мм	62
7	Наружный диаметр шпинделя L/R	мм	150
8	Однопозиционная инструментальная головка для токарного и фрезерного инструментов	тип	H1
9	Время смены инструмента от стружки до стружки	сек	3,2
10	Присоединительный конус вспомогательного инструмента		Capto C6
11	Емкость инструментального магазина	ед.	40
12	Максимальный диаметр инструмента смежного/через гнездо	мм	Ø90/Ø130
13	Максимальная длина/вес инструмента	мм/кг	300/8
14	Присоединительные размеры токарного инструмента: • Сечение державки резца • Присоединительный диаметр борштанги	мм мм	□25×25 Ø40
15	Диапазон частоты вращения инструментального шпинделя	об/мин	50-6000
16	Скорость осевых ускоренных перемещений	м/мин об/мин	X; Z-40, Y-26, W-20 C: 200, B: 30
17	Мощность главного мотора-шпинделя L/R	кВт	VAC 15/11 (20 мин /пост.)
18	Мощность привода инструментального шпинделя	кВт	PREX 11/7,5 (5 мин/пост.)

Окончание таблицы 11 - Основные технические характеристики

1	2	3	4
19	Габариты станка: • Высота • Площадь, занимаемая станком	мм мм	2600 4340x2050
20	Система ЧПУ	тип	OSP-P200L
21	Вес станка (включая систему ЧПУ)	кг	10300

Обработку детали ведем с помощью люнета SMW-AUTOBLOCK

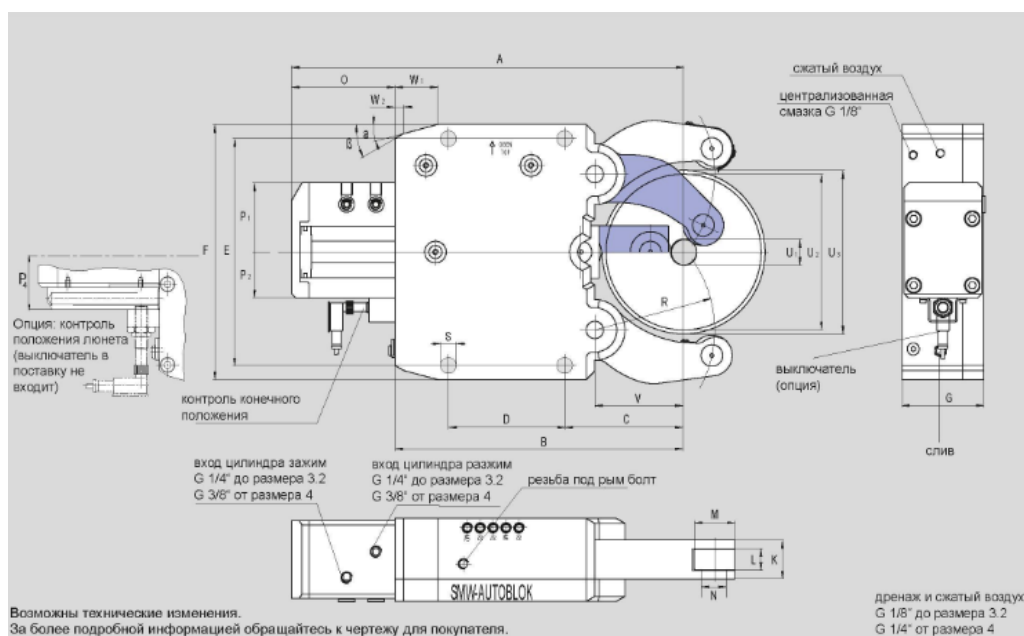


Рисунок 8 – Люнет SLU-X3

По [24] выбираем люнет серии SLU-X3

Таблица 12 – Технические характеристики

Параметр	Обозначение	Размер
диапазон зажима без скребков	U10	12
макс, установочный диаметр	U2	152
ширина роликов	L	25
диаметр роликов	M	47

Продолжение таблицы 12 – Технические характеристики

диаметр загрузки	N	20
	P	85
	R	119
диапазон рабочего давления	бор	8/80
макс усилие зажима на ролик	дн	1000
точность центрирования по всему диапазону	мм	0.04
точность повторения	мм	0.007
макс, линейная скорость ролика	м/мин	725
масса (прибл.)	кг	50

2.6. Расчет припусков на механическую обработку

Произведем расчет припусков и предельных отклонений по технологическим переходам на обработку отверстия $\varnothing 60H8^{+0,046}$, [1, с. 186, табл. 12; с. 188, табл. 25], результаты сведем в таблицу 13.

Суммарное отклонение:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2 + \rho_{ц}^2},$$

где

$$\rho_{см} = 1,0 \text{ мм} - \text{погрешность смещения}$$

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l = 0,8 \cdot 383 = 306 \text{ мм}, - \text{ погрешность коробления, принимаем } 0,3.$$

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot Td = 0,25 \cdot 46 = 1150 \text{ мм} - \text{ погрешность центрирования штамповки}$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{1,0^2 + 0,306^2 + 1,15^2} = 1,19 \text{ мм}$$

Остаточное пространственное отклонение:

$$\text{После черного сверления: } \rho_1 = 0,06 \cdot 1190 = 73 \text{ мкм}$$

$$\text{После тонкого растачивания: } \rho_3 = 0,02 \cdot 1190 = 24 \text{ мкм}$$

Расчёт минимальных значений припусков производим, пользуясь основной формулой:

$$2z_{\min i} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{ycm}^2} \right)$$

Минимальный припуск:

Под черновое сверление: $2z_{\min 1} = 2 \cdot \left(25 + 100 + \sqrt{1190^2 + 250^2} \right) = 2682 \text{ мкм}$

Под тонкое растачивание: $2z_{\min 3} = 2 \cdot \left(6,3 + 25 + \sqrt{48^2} \right) = 158 \text{ мкм}$

Таблица 13 - Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку отверстия $\varnothing 60H8^{+0,046}$.

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск к $2Z_{\min}$, мкм	Допуск T, мм	Расчетный размер Др, мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	Rz	h	ρ	ε				Д _{min}	Д _{max}	$2Z_{\min}^{\text{II}}$ р	$2Z_{\max}^{\text{II}}$ р
Черновое сверление	3,2	50	71	0	2682	300,00	39,57 4	39,5 74	39,8 74	2,242	2,682
Чистовое растачивание	0,4	3	24	0	158	56,9	60,00 0	59,9 54	60,0 00	0,038	0,112
										2,28	2,794

Определим минимальные значения припусков по формуле:

$$Z_{\min}^{np} = D_{\min i}^{np} - D_{\min i-1}^{np},$$

а максимальные значения припусков определим по формуле:

$$Z_{\max}^{np} = D_{\max}^{np} - D_{\max i-1}^{np},$$

Результаты вычислений занесем в таблицу 13.

2.7. Расчет точности обработки

Точным является переход, на тонкое растачивание отверстия $\varnothing 60H8$.

Формула для расчета точности для диаметральных размеров [10, с. 89]:

$$\Delta_{\Sigma} = 2 \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + (1,73\Delta_u)^2 + (1,73\Sigma\Delta_{ct})^2 + (1,73\Delta_m)^2},$$

где E_y – погрешность установки заготовки;

Δ_n – погрешности, вызываемые размерным износом режущих инструментов;

Δ_T – погрешности обработки, вызываемые температурными деформациями технологической системы;

Δ_y – погрешности, вызываемые упругими деформациями технологической системы под влиянием сил резания;

$\Sigma\Delta_{ct}$ – погрешности обработки, возникающие вследствие геометрических неточностей станка;

Δ_n – погрешности настройки;

Определим величину погрешности Δ_n (на радиус), вызванную размерным износом резца по формуле [3, с. 73 - 74]:

$$\Delta_u = \frac{L}{1000} \cdot U_0, \text{ мкм},$$

где

L - длина пути резания при обработке партии N деталей определяется

$$L = \frac{\pi d l N}{1000 S} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 273 \cdot 224}{1000 \cdot 0,2} = 57605$$

Для твердосплавных сменных пластин, из которых изготовлена режущая часть инструментов SANDVIK интенсивность изнашивания $U_0 = 1,5-2,5$ мкм/км [3, с. 74]

$$\Delta_u = \frac{2665}{1000} \cdot 1,5 = 3,99 \text{ мкм}$$

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.023.ПЗ				

Определим колебания отжатий системы Δ_y вследствие изменения силы P_y из-за непостоянных глубины резания и податливости системы при обработке согласно [3, с. 27].

$$\Delta_y = W_{max} \cdot P_{y_{max}} - W_{min} \cdot P_{y_{min}},$$

где $P_{y_{max}}$ и $P_{y_{min}}$ - наибольшее и наименьшее значения составляющей силы резания, совпадающей с направлением выдерживаемого размера.

W_{max} и W_{min} - наибольшая и наименьшая податливости системы;

Для станка для глубокого сверления AX TLW6 наибольшее и наименьшее допустимые перемещения продольного суппорта под нагрузкой 5,5 кН составляют соответственно 40 и 80 мкм [4, с.12]. При установке детали минимальная податливость системы будет при положении резца в конце обработки, т.е. у передней бабки станка. Исходя из этого, можно принять

$$W_{min} = \frac{40}{5,5} = 7,3 \text{ мкм/кН}$$

Приблизительно можно считать, что максимальную податливость система имеет при расположении резца посередине вала, когда его прогиб под действием силы P_y достигает наибольшей величины. Поэтому

$$W_{max} = W_{CTmax} + W_{ЗАГmax},$$

где

$$W_{CTmax} = \frac{40+80}{2 \cdot 5,5} = 10,9 \text{ мкм/кН} - \text{наибольшая податливость станка};$$

$W_{ЗАГmax}$ - наибольшая податливость заготовки.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Вал в центрах можно представить как балку на двух опорах, нагруженную сосредоточенной силой, а наибольший прогиб в середине вала

$$y_{Dmax} = \frac{P_y \cdot l_D^3}{48 \cdot E \cdot J},$$

где

l_D - длина вала;

E - модуль упругости материала;

$J = 0,05d_{np}^4$ - момент инерции поперечного сечения вала;

D_{np} - приведенный диаметр вала: для гладких валов;

$D_{np} = d_{ВАЛА}$; Для ступенчатых валов с односторонним уменьшением диаметров ступеней

$$d_{np} = \frac{\sum_1^n d_i \cdot l_i}{\sum_1^n l_i},$$

Имея в виду, что $W=Y/P_y$, после соответствующих преобразований получим

$$W_{ЗАГmax} = \frac{2}{d_{np}} \cdot \left(\frac{l_D}{d_{np}} \right)^3$$

Приведенный диаметр обрабатываемой заготовки:

$$d_{np} = 86 \text{ мм},$$

а величина ее наибольшей податливости

$$W_{ЗАГmax} = \frac{2}{86} \cdot \left(\frac{88}{86} \right)^3 = 0,02 \text{ мкм/кН},$$

тогда максимальная податливость технологической системы

$$W_{max} = 10,9 + 0,02 = 10,92 \text{ мкм/кН}$$

Наибольшая $P_{y_{maj}}$ и наименьшая $P_{y_{min}}$ - составляющие силы резания определяются согласно [13, с. 271 - 275], исходя из условия задачи. На предшествующей операции (черновом сверлении) заготовка обработана с допуском по h9, т.е. возможно колебание припуска на величину $1/2h9$, что

						ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			42

для диаметра $d_{np} = 86$ мм составит $0,035/2 = 0,0175$ мм, а колебание глубины резания $t_{min} = Z_{min} = 0,079$ мм, $t_{max} = 0,121$ мм. В этом случае:

$$P_{y_{max}} = 2,43 \cdot 0,121^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 30^{-0,3} = 0,04 \text{ кН}$$

$$P_{y_{min}} = 2,43 \cdot 0,079^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 30^{-0,3} = 0,034 \text{ кН}$$

Изменение обрабатываемого размера вследствие упругих деформаций

$$\Delta_y = 10,92 \cdot 0,04 - 7,3 \cdot 0,034 = 0,19 \text{ мкм}$$

Определим погрешность, вызванную геометрическими неточностями станка $\sum \Delta_{cn}$ согласно [3, с.53 - 55]

$$\sum \Delta_{cn} = \frac{C \cdot l}{L}$$

где C - допустимое отклонение от параллельности оси шпинделя направляющим станины в плоскости выдерживаемого размера на длине L ;

l - длина обрабатываемой поверхности.

Для токарных станков повышенной точности при наибольшем диаметре обрабатываемой поверхности до 200 мм $C = 15$ мкм на длине $L = 153,5$ мм [3, табл. 23]. При длине обработки $l = 88$ мм.

$$\sum \Delta_{cn} = \frac{15 \cdot 88}{153,5} = 8,6 \text{ мкм}$$

В предположении, что настройка резца на выполняемый размер производится по эталону с контролем положения резца с помощью металлического щупа, определим погрешность настройки в соответствии с [3, с.70 - 73]:

$$\Delta_n = \sqrt{(K_p \cdot \Delta_p)^2 + (K_n \cdot \Delta_{изм}/2)^2}$$

где

Δ_p - погрешность регулирования положения резца;

$K_p = 1,14$ и $K_n = 1,0$ - коэффициенты, учитывающие отклонение закона распределения величин Δ_p и $\Delta_{изм}$ от нормального закона распределения;

$\Delta_{изм}$ - погрешность измерения размера детали.

Для заданных условий обработки [3, с.71 - 72] Δ_p — 5 мкм и $\Delta_{изм} = 10$ мкм при измерении $d_2 = 86h7$ мм. Тогда погрешность настройки

$$\Delta_n = \sqrt{(1,14 \cdot 5)^2 + (1 \cdot 10/2)^2} = 7,6 \text{ мкм}$$

Определим температурные деформации технологической системы, приняв их равными 15 % от суммы остальных погрешностей [3, с. 76]

$$\sum \Delta_T = 0,15 (\Delta_x + \Delta_y + \sum \Delta_{ср} + \Delta_n) = 0,15(3,99 + 0,19 + 8,6 + 7,6) = 3 \text{ мкм}$$

Определим суммарную погрешность обработки по уравнению:

$$\begin{aligned} \Delta_{\Sigma} &= 2 \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + (1,73 \cdot \Delta_x)^2 + (1,73 \cdot \sum \Delta_{ср})^2 + (1,73 \cdot \sum \Delta_T)^2} \\ &= 2 \sqrt{0,19^2 + 7,6^2 + (1,73 \cdot 3,99)^2 + (1,73 \cdot 8,6)^2 + (1,73 \cdot 3)^2} \\ &= 37,6 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Определим допустимую погрешность δ в зависимости от качества. Качество 8, размер 86 мм, тогда $\delta=0,040$ мм

Вывод: $\Delta_{\Sigma} = 0,0376 \text{ мм} < \delta = 0,040 \text{ мм}$ погрешность попадает в поле рассеяния размера.

2.8. Выбор металлорежущего инструмента и расчет режимов резания

Для операции 010 Сверлильная принимаем сверла SANDVIK [25].

Эжекторное сверло CoroDrill 808-1312D5690 M22

Режущий инструмент выбираем соответствующим технологическим переходам операции 015 производства SANDVIK [24]:

T01: Резцовая головка T-Max P C6-DSSNL-45054-15 с пластиной SNMG 15 06 12-SM 1105

T02: Головка CoroTurn 107 570-SCLCR-20-09 с пластиной CCMT 09 T3 08-UM 1115

T03: Расточная оправка для обр. канавок T-Max Q-Cut RAG151.32-25R-40 с пластиной N151.3-500-40-7G 1125;

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.023.ПЗ					

Патрон CoroChuck 930 с хвостовиком Coromant Capto

T04: Длиннокромочная фреза CoroMill R390-050C6-63H с пластиной R390-11 T3 04M-PM 1130

T05: Сверло CoroDrill 870 со сменной головкой 870-1200-10-MM 2234
Переходник от Coromant Capto к Weldon / ISO 9766 C6-A391.23-15 065

T06: Расточная оправка CoroThread 266 для точения резьбы с пластиной 266RL-16VM01F002E 1135

Переходник на меньший размер соединения Coromant Capto C6-391.02-40 040

T07: Головка CoroTurn 107 для точения 570-STFCR-40-16 с пластиной TCMT 16 T3 08-MM 1105

Антивибрационный адаптер с Coromant Capto на CoroTurn SL C6-570-3C 40 288

T08: Резцовая головка T-Max P для точения C6-MTJNR-45065-22 с пластиной TNMG 22 04 12-SM 1105.

Расчет режимов резания аналитическим методом проводим для растачивания Ø65H8 на операции 015.

Материал - сталь 40XH $\sigma_b = 980$ МПа

Глубина резания $t=1,4$ мм (с учетом максимальных допусков).

Подача $S=0,2$ мм/об [4, стр. 365, табл. 12].

Расчётную скорость резания V , м/мин, определяем по формуле [3, с. 363]

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v,$$

где C_v - поправочный коэффициент;

$C_v = 350$ [3, с. 367, таблица 17];

T - стойкость, мин;

$T = 60$ мин;

										Лист
										45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.023.ПЗ					

t - глубина резания, мм;

m, x, y - показатели степени;

$m = 0,2, x = 0,15, y = 0,2$ [10, с. 367, таблица 17];

K_V - поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания, определяется по формуле:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где K_{MV} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала, определяется по формуле (1);

$K_{ПV}$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ПV} = 0,8$ [10, с. 361, таблица 5];

$K_{ИV}$ - коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$K_{ИV} = 1,0$ [10, с. 361, таблица 6];

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \quad (1)$$

где K_r - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

$K_r = 0,8$ [10, с. 359, таблица 2];

σ_B - предел прочности, МПа;

n_V - показатель степени;

$n_V = 1,0$ [10, с. 359, таблица 2].

Тогда

$$K_{MV} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^1 = 0,61,$$

$$K_V = 0,61 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,5,$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2 \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,5 = 128,9 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя n , об/мин, определяется по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

									Лист
									46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.023.ПЗ				

где V - расчётная скорость резания, м/мин;

$$n = \frac{1000 \cdot 128,96}{3,14 \cdot 65} = 684,0 \text{ об/мин.}$$

У станка бесступенчатое регулирование частоты вращения, поэтому принимаем ближайшее большее значение $n = 700$ об/мин.

Фактическая скорость резания $V = 3,14 \cdot 60 \cdot 700 / 1000 = 131,96,3$ м/мин.

Главная составляющая силы резания P_z , Н, определяется по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где C_p - поправочный коэффициент;

$C_p = 300$ [10, с. 372, таблица 22];

x, y, n - показатели степени;

$x = 1,0, y = 0,75, n = -0,15$ [10, с. 372, таблица 22];

K_p - поправочный коэффициент

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}$$

K_{MP} - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала [10, с. 362, таблица 9];

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

где σ_B - предел прочности, МПа;

n - показатель степени;

$n = 0,75$ [10, с. 362, таблица 9].

Тогда

$$K_{MP} = \left(\frac{970}{750} \right)^{0,75} = 1,21;$$

$K_{\text{фр}}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}$ - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания;

$K_{\text{фр}} = 0,89, K_{\gamma p} = 1,0, K_{\lambda p} = 1,0$ [10, с. 374, таблица 23].

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

$$K_p = 1,21 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 1,1$$

$$\text{Тогда: } P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,2^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 196,3^{-0,15} \cdot 1,21 = 1381,7 \text{ Н}$$

Мощность резания N , кВт, определяется по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$\text{Тогда } N = \frac{1381 \cdot 131,9}{1020 \cdot 60} = 2,98 \text{ кВт.}$$

Проверяем, достаточна ли мощность привода станка. У станка MULTUS B300W

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta = 15 \cdot 0,75 = 11,25 \text{ кВт; } 2,98 < 11,25,$$

где $N_d = 15 \text{ кВт}$ – мощность электродвигателя станка;

$\eta = 0,75$ – коэффициент полезного действия.

Можно сделать вывод что обработка возможна.

На остальные операции режимы резания сведены в таблицу 14.

Таблица 14 – Режимы резания

№ операции	Наименование и содержание	Глубина резания, t , мм	Подача на оборот, S , мм/об	Принятые		Мощность резания (эффективная), N_e , кВт
				Частота вращения шпинделя, n , об/мин	Скорость резания, V , м/мин	
1	2	3	4	5	6	7
010	Сверлильная					
	1. Сверлить отверстие 15 до $\varnothing 56,9$ мм на проход начерно	10	0,25	700	131,88	1
015	Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А (шпиндель)					
	Позиция 1: Точить деталь начерно по программе:					
	1. Расточить отверстие 15 до $\varnothing 60$ мм на проход начисто.	3,1	0,25	1000	314	0,7

Продолжение таблицы 14 – Режимы резания

4. Подрезать торец 10, выдерживая размер 385мм.	2	0,25	1250	392,5	2
5. Расточить отверстие 13 ø63 мм на проход начерно	1,3	0,25	1000	314	0,7
6. Расточить отверстие 13 ø65 мм на проход начисто.	1,3	0,25	800	251,2	1,3
7. Расточить отверстие 11 до ø70мм на проход начерно	1,3	0,25	1000	314	0,7
8. Расточить отверстие 11 ø72 мм на проход начисто под резьбу.	1,3	0,1	750	235,5	0,6
9. Точить канавки 12 и 14	0,5	0,1	800	251,2	0,3
10. Нарезать резьбу М75х2 в отверстии 11.	0,5	0,1	900	282,6	0,3
11. Фрезеровать проушины и восьмигранники	1	0,25	1250	392,5	0,5
12. Сверлить отверстия 9 и 16 однократно.	1	0,25	900	33,912	0,7
Установ Б (противошпindelь)					
Позиция 1: Точить деталь начисто по программе:					
1. Подрезать торец 1, выдерживая размер 383мм.	0,5	0,1	900	169,56	0,3
3. Расточить отверстие 3 до ø63мм на проход начерно	1,3	0,1	1000	188,4	0,3
4. Расточить отверстие 3 ø65 мм на проход начисто.	1,3	0,1	900	169,56	0,3
5. Расточить отверстие 5 до ø70мм на проход начерно	1,3	0,1	1100	207,24	0,3
6. Расточить отверстие 5 ø72 мм на проход начисто под резьбу.	1,3	0,1	1500	282,6	0,1
8. Точить канавки 2 и 4	0,5	0,1	1600	301,44	0,3
10. Нарезать резьбу М75х2 в отверстии 3.	0,5	0,1	1000	188,4	0,2
Точить коническую поверхность 7.	0,2 5	0,1	900	33,912	0,1
Установ В (противошпindelь)					
12. Фрезеровать восьмигранник 8 однократно	1,5	0,5	1400	263,76	1,8

2.9. Расчет технических норм времени

Рассчитаем нормы времени на операцию 010 Токарная с ЧПУ.

При среднесерийном производстве норма штучно-калькуляционного времени определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{н-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{н-з}}{n} + T_o + T_г \cdot k + T_{об.ом.}$$

Суммарное основное время: 0,77мин

Находим вспомогательное время:

$$T_г = T_{ус} + T_{зо} + T_{уп} + T_{из},$$

где $T_{ус}$ – время на установку и снятие детали,

$T_{зо}$ – время на закрепление и открепление детали,

$T_{уп}$ – время на приёмы управления,

$T_{из}$ – время на измерение детали.

$T_{ус} = 0,1$ (В патроне),

$T_{зо} = 0,123$ (Гаечным или винтовым зажимом с помощью гаечного ключа)

$T_{уп} = 0,1$ (Включить или выключить станок или его узлы кнопкой).

$T_{из} = 0,12$ (Штангенциркуль)

Находим время на обслуживание рабочего места и отдых:

$$T_{об.ом.} = \frac{T_{он} \cdot \Pi_{об.ом.}}{100},$$

где $T_{он} = T_o + T_г = 0,77 + 0,44 = 1,22$ мин - оперативное время;

Нормативы: $\Pi_{обс} = 4\%$; $\Pi_{отд} = 6\%$

$$T_{об.ом.} = \frac{T_{он} \cdot \Pi_{об.ом.}}{100} = \frac{1,44 \cdot (4 + 6)}{100} = 0,122$$
мин

Находим подготовительно-заключительное время: $T_{н-з} = 17$ мин
(Наладка станка, инструмента и приспособлений)

Найдём норму штучно-калькуляционного времени:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{н-з}}{n} + T_o + T_г \cdot k + T_{об.ом.}$$

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

На остальные операции время выбираем табличным способом.

Таблица 15 - Сводная таблица технических норм времени по операциям, мин

Номер перехода	T _о	T _в			T _{оп}	T _{обс}	T _{отд}	T _{шт}	T _{п-з}	n	T _{ш-к}
		T _{ус+T_{зо}}	T _{уп}	T _{из}							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
010 Сверлильная											
1.	0,17	0,5	0,1	0,12	1,42	0,06	0,09	1,56	17	6	4,395
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ А (шпиндель)											
1.	0,10	0,22	0,1	0,12	2,78	0,11	0,17	3,06	17	6	5,896
2.	0,12										
3.	0,12										
4.	0,15										
5.	0,12										
6.	0,40										
7.	0,38										
8.	0,33										
9.	0,10										
10.	0,27										
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ Б (противошпиндель)											
1.	0,33	0,22	0,1	0,12	5,27	0,21	0,32	5,80	17	6	8,632
2.	0,30										
3.	0,33										
4.	0,27										
5.	0,20										
6.	0,19										
7.	0,30										
8.	0,33										
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ Установ В											
9.	2,57	0,22	0,1	0,12	3,01	0,12	0,18	3,31	17	6	6,146

3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

3.1. Программирование в системе ADCAD (ADEM)

Процесс технологической подготовки производства включает в себя выполнение определённого набора действий, связанных с разработкой технологии изготовления деталей, проектированием технологической оснастки и инструмента, разработкой управляющих программ (УП) на оборудовании с ЧПУ, подбором соответствующего вида заготовки и т. д. 4 Создание УП является одним из главных этапов технологической подготовки производства при использовании станков с ЧПУ в машиностроении. Она включает в себя подготовку и нанесение на программноноситель необходимых команд, которые автоматически считываются системой управления и передаются для управления рабочими органами станка.

Существует два метода подготовки УП: ручной и автоматический. При ручном методе технолог-программист формирует УП непосредственно в кодах станка, описывая в каждом кадре элементарные перемещения или технологические команды (включение шпинделя, смена инструмента, включение охлаждения и т. д.).

Автоматизированный метод подготовки УП требует наличия системы автоматизированного программирования – САП (в англоязычном варианте – САМ – Computer Aided Manufacturing) и соответствующей ЭВМ. Подобный способ подготовки УП имеет ряд неоспоримых преимуществ перед ручным: 1) сокращение сроков подготовки УП; 2) возможности достаточно быстрой подготовки УП на обработку сколь угодно сложных поверхностей; 3) возможности автоматической корректировки УП при изменении геометрии обрабатываемой поверхности; 4) обеспечивает быстрый перевод УП с одной модели устройства ЧПУ на другую. При разработке УП с использованием САП в качестве исходных данных выступают: геометрия изделия и модель станка, а также устройства ЧПУ. В

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.023.ПЗ					

диалоговом режиме оператор ЭВМ создаёт технологические объекты: добавляет переходы, указывает обрабатываемые поверхности, выбирает режущий инструмент, определяет плоскость холостых ходов и т. д. При наличии достаточного количества входной информации САП может сгенерировать траектории движения инструмента, которые записываются в промежуточный файл типа CLDATA. Данный файл в текстовом виде содержит информацию о перемещениях инструмента. На основе CLDATA при помощи постпроцессора формируется сама управляющая программа. Постпроцессор – специальный модуль САП, преобразующий данные CLDATA в УП конкретного станка с определённым устройством с ЧПУ (на каждую связку «станок с ЧПУ – устройство ЧПУ» требуется отдельный постпроцессор). Как правило, САМ-системы содержат в своём составе набор постпроцессоров для наиболее распространённых станков, а также специальные программы – генераторы постпроцессоров, которые позволяют оператору создавать новые постпроцессоры под конкретную модель оборудования. Последним этапом создания УП с помощью САП является отладка программы с помощью специальных средств системы – модулей-верификаторов, которые позволяют визуально отследить траекторию движения инструмента, проконтролировать срезаемый слой материала, проверить УП на наличие столкновений и т. д.

ADEM CAM позволяет создавать УП для следующих видов обработки: фрезерования, точения, сверления, электрофизической, лазерной и листопробивной. ADEM CAM позволяет задавать технологические переходы как для конструктивных элементов состоящих из плоских 2D-контуров и 3D моделей, созданных в модуле ADEM CAD, так и для импортированных плоских и объёмных моделей. ADEM CAM включает инструменты для редактирования технологического маршрута и моделирования процесса обработки. Результатом работы модуля ADEM CAM является, отлаженная в процессе моделирования, управляющая

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

программа для станка с ЧПУ. Технологические объекты, составляющие технологический процесс обработки, ассоциативно связаны с геометрической моделью, созданной в ADEM CAD или импортированной из других систем проектирования. То есть все изменения, внесенные конструктором в геометрическую модель проектируемого изделия, автоматически отражаются на технологическом процессе обработки.

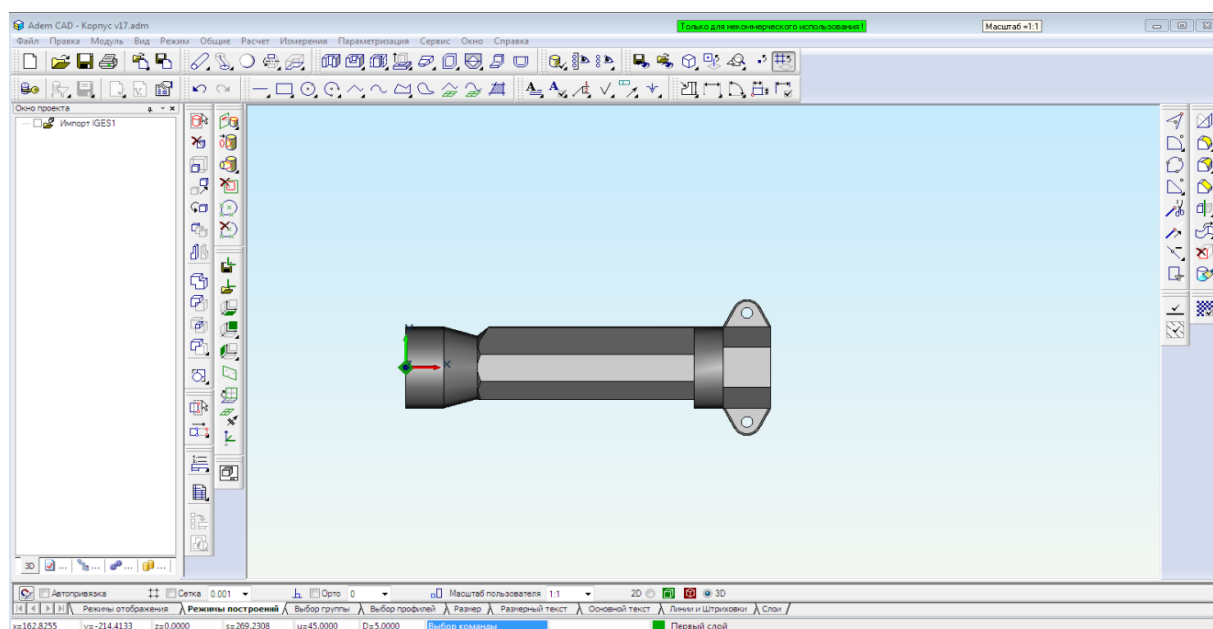


Рисунок 9 – Модель детали в ADEM CAD

Процесс создания технологического объекта на основе созданной или импортированной геометрической модели включает следующие стадии: 1. Создание конструктивного элемента (колодец, уступ, плоскость, отверстие, поверхность и т.п.). На этом этапе задаётся геометрия поверхностей, подлежащих обработке. 2. Задание технологического перехода (фрезеровать, сверлить, точить, пробить и т.п.). Результатом выполнения шагов 1 и 2 является «Технологический объект» (ТО). 3. Повторение шагов 1-2 для каждого технологического объекта. 4. Задание технологических команд (начало цикла, плоскость холостых ходов, стоп и т.п.). 5. Расположение созданных технологических объектов в правильном порядке (управление последовательностью выполнения ТО). 6. Расчет траектории

движения инструмента с генерацией файла CLDATA. 7. Выполнение моделирования процесса обработки. 8. Создание управляющей программы. До начала генерации управляющей программы, Вы должны выбрать тип оборудования и указать ряд дополнительных параметров.

Это можно сделать на любом этапе работы в ADEM CAM, однако рекомендуется задать все необходимые установки в начале работы над проектом, так как информация, содержащаяся в постпроцессоре, может оказывать влияние на формирование траектории движения инструмента (например, отсутствие кругового интерполятора вызовет формирование траектории движения инструмента, содержащей только линейные перемещения).

3.2. Разработка управляющей программы

Разрабатываем управляющую программу для детали «Корпус гидроцилиндра».

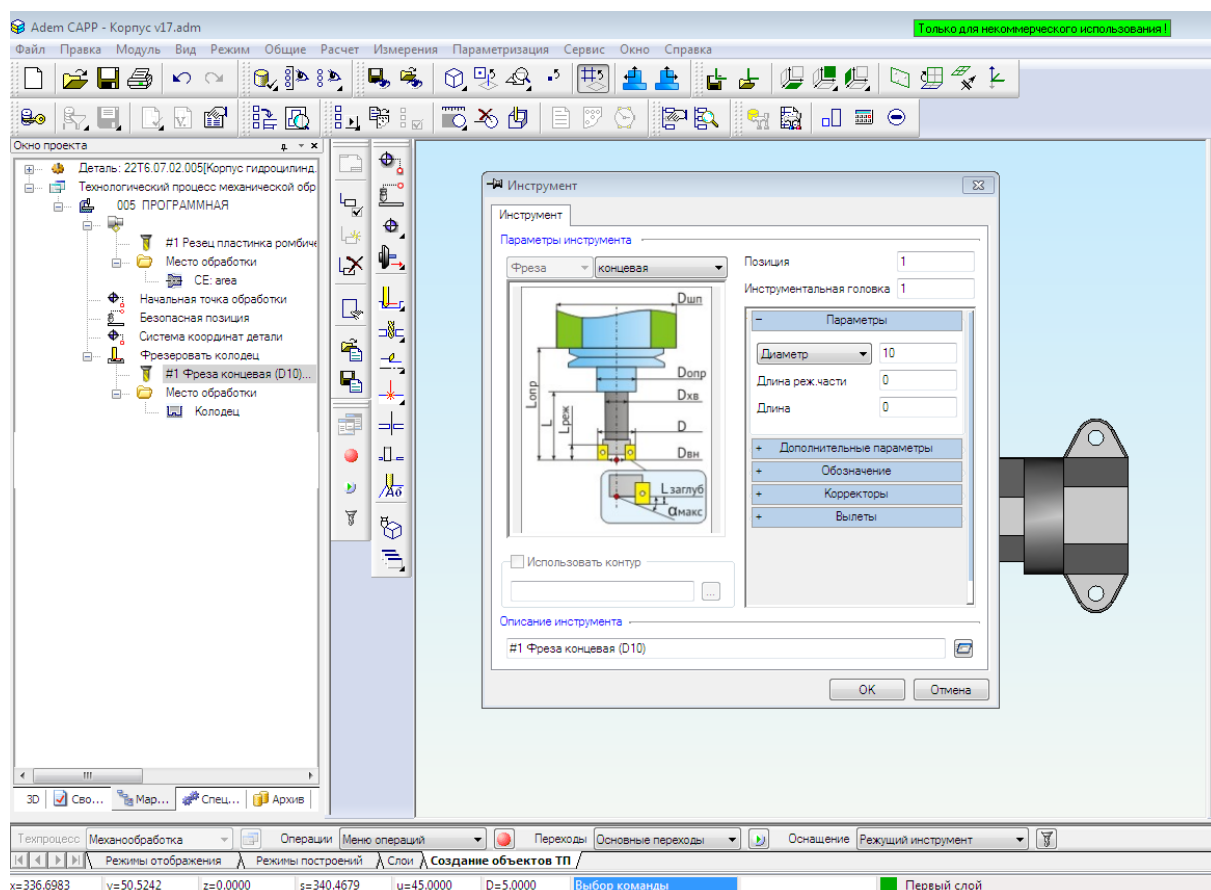


Рисунок 11 – Выбор инструмента в ADEM CAD

Таблица 16 - УП обработки «Корпуса гидроцилиндра»

%	1	(САР)			
1	2	3	4	5	6
N5	G21 G91 G95				Метрическая система координат о, относительная, подача мм/об
N10	T01	M03	S1000		Инструмент 1, вращение по часовой стрелке, подача
N15	T07				Смена инструмента и перемещение в точку начала обработки
N20	G01	X55	Y-50		Ускоренное перемещение в точку
N25	Y54	S1200			Включение частоты вращения
N30	G01	X-0	Y-275		Расточить отверстие 15 до $\varnothing 60$ мм на проход начисто
N35	S1000				
N40	X55	Y-50			
N45	G00	Y50	X-50		Позиционирование инструмента
N50	G01	Y-25	F0,3		Линейная интерполяция, Подрезать торец 10, выдерживая размер 385мм с подачей 0,3
N55	S1200	Y-45	X1,6		
N60	Y-45	X0			
N65	S1000				
N70	X55	Y-50			
N75	T02	M06			Смена инструмента и перемещение в точку начала обработки
N80	G01	x37,5	Y-10		Ускоренное перемещение в точку
N85	Y-10	S1200			Включение частоты вращения
N90	X32,5				Расточить отверстие 13 до $\varnothing 63$ мм на проход начерно
N95	Y55				

Продолжение таблицы 16 – УП обработки «Корпуса гидроцилиндра»

1	2	3	4	5	6
N100	X37,5				Расточить отверстие 11 до $\varnothing 70$ мм на проход
N105	X37,5	Y55			
N110	Y33	S1200			
N115	X32.5				Расточить отверстие 13 $\varnothing 65$ мм на проход начисто.
N120	Y55				
N125	X37,5				Расточить отверстие 11 $\varnothing 72$ мм на проход начисто под резьбу.
N126	X37,5	Y33			
N130	X55	Y-50			
N135	T03	X55	Y-50	S1400	Смена инструмента
N140	G01	Y50	F0,3		Линейная интерполяция
N145	Y35	S1200			
N150	X-1,2				Точить канавки 12
N155	X8				
N160	Y22				
N165	X-6,2				Точить канавки 14
N170	X10				
N135	Y-55				
N140	X40,5	Y-32			
N145	T06	X-50	Y50	S1200	Смена инструмента
N150	G01	Y33	F0,3		
N155	X10				Нарезать резьбу в отверстии
N160	M01	X40	Y-83		
N165	G81				Цикл фрезерования
N170	T04	Z-100	S800		Смена инструмента
N175	G00	X-50			Ускоренное перемещение
N180	Z-40	F0,2			Фрезеровать проушину
N185	Y20				
N190	Z40				

Продолжение таблицы 16 – УП обработки «Корпуса гидроцилиндра»

1	2	3	4	5	6
N195	X-50				
N200	Y70				
N205	X-50				
N210	Z-40				Фрезеровать проушину
N215	Y20				
N220	Z40				
N225	X-50				
N230	Y50				
N235	T04	Z-100	S900		
N240	X-50				
N245	Z-80				
N250	Y20				
N255	T05	X-24	Y60	G00	Смена инструмента
N260	X-72	F0,1	G81		Сверлить отверстие
N265	X72				
N270	Y120	G00			
N275	G81	X-72			Сверлить отверстие
N280	X72				
N285	Y180				
N290	M00				
N295	M06				
N300	T01	M03	S1000		Инструмент 1, вращение по часовой стрелке, подача
N305	G00	Y50	X-50		Позиционирование инструмента
N310	G01	Y4	F0,3		Линейная интерполяция, Подрезать торец 1, выдерживая размер 385мм с подачей 0,3
N315	S1200	Y0	X13		
N320	Y-54	X37			
N325	T02				Смена инструмента и перемещение в точку начала обработки

Продолжение таблицы 16 – УП обработки «Корпуса гидроцилиндра»

1	2	3	4	5	6
N330	G01	x-50	Y50		Ускоренное перемещение в точку
N335	Y35	S1200			Включение частоты вращения
N340	X4,5				Расточить отверстие 5 до $\varnothing 63$ мм на проход начерно
N345	Y22				
N350	X50				Расточить отверстие 3 до $\varnothing 70$ мм на проход начерно
N355	X40,5	Y-7			
N360	Y35	S1200			
N365	X4,5				Расточить отверстие 5 $\varnothing 65$ мм на проход начисто.
N370	Y22				
N375	X50				Расточить отверстие 3 $\varnothing 72$ мм на проход начисто под резьбу.
N380	X40,5	Y-7			
N385	T03	X-50	Y50	S1400	смена инструмента
N390	G01	Y50	F0,3		линейная интерполяция
N395	Y35	S1200			
N400	X-1,2				Точить канавки 2
N405	X8				
N410	Y22				
N415	X-6,2				Точить канавки 4
N420	X10				
N425	Y-55				
N430	X40,5	Y-32			
N435	T06	X-50	Y50	S1200	смена инструмента
N440	G01	Y33	F0,3		
N445	X10				Нарезать резьбу резьбу в отверстии

Окончание таблицы 16 – УП обработки «Корпуса гидроцилиндра»

N450	M01	X40	Y-83		
N455	T08				смена инструмента и перемещение в точку начала обработки
N460	G01	x-50	Y50		ускоренное перемещение в точку
N465	Y-41				точить коническую поверхность
N470	X-10	Y-35			
N475	X10	Y-12			
N480	X50	Y-138			
N485	M02				

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В экономической части проекта определен экономический эффект от усовершенствованного технологического процесса. Сравнение двух вариантов (базового и проектируемого) технологических процессов осуществляется путем расчета себестоимости работ по каждому варианту и определяется условно-годовая экономия.

4.1. Расчет количества оборудования

На основе заданной годовой программы определяем требуемое количество станков. Воспользуемся формулой :

$$N_{расч.} = \frac{B \cdot t_{шт.}}{Fэ \cdot K_{вн} \cdot 60},$$

где B – годовой выпуск продукции, шт.;

$t_{шт.}$ – штучно-калькуляционное время обработки детали, мин.;

$Fэ$ – годовой эффективный фонд времени работы одного станка, ч.;

$K_{вн} = 1$ – коэффициент выполнения норм.

Коэффициент загрузки оборудования заданной программы выпуска деталей:

$$Kз = \frac{N_{расч.}}{N_{пр}},$$

Таблица 17 – Базовый вариант

№ опер	Наименование	Тшт., мин.	Модель станка	$N_{расч}$	$N_{пр}$	$Kз$
20	Токарная	9,3	16К20	0,039161	1	0,039161
30	Токарная	0,04	16К20	0,000168	1	0,000168
40	Токарная	13,2	16К20	0,055584	1	0,055584
50	Фрезерная	10,27	6Р81	0,043246	1	0,043246
60	Фрезерная	1,03	6Р81	0,004337	1	0,004337
70	Токарная	12	16К20	0,050531	1	0,050531
80	Координатная	1,03	2А450	0,004337	1	0,004337

Таблица 18 – Проектируемый вариант

№ опер	Наименование	Тшт., мин.	Модель станка	Нрасч	Нпр	Кз
20	Сверлильная	9,3	АХ TLW6	0,019	1,000	0,019
30	Комплексная на ОЦ с ЧПУ	0,04	OKUMA MULTUS B300W	0,087	1,000	0,087

4.2. Расчет технологической себестоимости детали

Определим стоимость заготовки по формуле [6, с. 63]:

$$C_{заг} = M \cdot C_M - M_o \cdot C_o + C_{з.ч.} \cdot T_{шт} \cdot \left(1 + \frac{C_{ц}}{100}\right),$$

где M – масса исходного материала на одну заготовку, кг;

C_M – оптовая цена на материал;

M_o – масса отходов материала, кг;

C_o – цена 1 кг. Отходов, руб;

$C_{з.ч.}$ – средняя часовая зарплата;

$T_{шт}$ – штучное время черновой обработки детали;

$C_{ц}$ – цеховые накладные расходы, примем 90%.

$$\begin{aligned} C_{заг} &= (9,75 \cdot 133,1 - 3,25 \cdot 28 + 60,5 \cdot 14,53 \cdot \left(1 + \frac{90}{100}\right)) \cdot 500 = \\ &= (1297,725 - 91 + 1670,22) \cdot 500 = 1438474,25 \text{ руб} \end{aligned}$$

4.2.1. Расчет численности основных рабочих

Количество основных рабочих, $R_{СС}$, чел, рассчитываем по формуле:

$$C_o = \frac{T_{шт-к} \cdot N_{год}}{F_{д.р} \cdot K_{вн} \cdot 60},$$

где $T_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время на операции, мин;

$F_{д.р}$ – действительный (эффективный) фонд времени рабочего в год, ч

$K_{вн} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм

Расчет действительного фонда времени работы рабочего $F_{д.р}$, ч

$$F_{д.р} = (D_k - D_{пг} - D_{в} - O - H) \cdot F_{см}, \quad (4.5)$$

где $O = 28$ дней – среднее количество дней отпусков в году;

H – среднее количество дней невыходов на работу по уважительной причине (принимаем 7 дней).

$$F_{д.р} = (247 - 118 - 7) \cdot 8 = 1979 \text{ ч.}$$

Таблица 19 – Численность рабочих по операциям для проектного ТП

Операция	N		Кз	R _{СС}	R _{пр}
010 Сверлильная	0,019	1,000	0,019	0,019	1,000
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ	0,087	1,000	0,087	0,087	1,000

Принимаем $\Sigma R_{СС} = 2$ чел.

Таблица 20 – Численность рабочих по операциям для базового ТП

Операция	N		Кз	R _{СС}	R _{пр}
020	0,039161	1	0,039161	0,039161	1
030	0,000168	1	0,000168	0,000168	1
040	0,055584	1	0,055584	0,055584	1
050	0,043246	1	0,043246	0,043246	1
060	0,004337	1	0,004337	0,004337	1
070	0,050531	1	0,050531	0,050531	1
075	0,004337	1	0,004337	0,004337	1
					7

Принимаем $\Sigma R_{СС} = 7$ чел.

4.2.2. Трудоемкость изготовления детали

Расчет трудоемкости годовой программы, $T_{\text{Год}}$, н.ч, по операциям проведем по формуле:

$$T_{\text{Год}} = \frac{N_{\text{Год}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot k \cdot \alpha},$$

где $N_{\text{Год}}$ – годовая программа выпуска продукции, шт.; $N_{\text{Год}} = 500$ шт.;

α – планируемый отсев продукции на брак (от 1.02 до 1.05);

принимаем $\alpha = 1,1$;

k – коэффициент пропорциональности выполнения норм (от 1.1 до 1.2);

принимаем $k = 1,05$;

$T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляционное время, затрачиваемое на одну операцию.

Расчет трудоемкости сводим в таблицу 21.

Таблица 21 – Трудоемкость годовой программы по операциям проектного и базового технологического процесса

№оп	Наименование операции	$N_{\text{Год}}$, шт	$T_{\text{шт-к}}$, мин	α	k	$T_{\text{Год}}$, н.ч
1	2	3	4	5	6	7
	Проектный					
010	Сверлильная	500	4,395	1,05	1,1	31,71
015	Комплексная на ОЦ с ЧПУ	500	20,674	1,05	1,1	149,16
						180,87
	Базовый					
020	Токарная	500	9,3	1,05	1,1	67,10
030	Токарная	500	0,04	1,05	1,1	0,29
040	Токарная	500	13,2	1,05	1,1	95,24
050	Фрезерная	500	10,27	1,05	1,1	74,10

Продолжение таблицы 21 - Трудоемкость годовой программы по операциям проектного и базового технологического процесса

1	2	3	4	5	6	7
060	Фрезерная	500	1,03	1,05	1,1	7,43
070	Токарная	500	12	1,05	1,1	86,58
080	Координатная	500	1,03	1,05	1,1	7,43
						338,17

4.2.3. Расчет заработной платы рабочих

Заработная плата производственных рабочих с начислениями:

$$C_z = C_{\text{час}} \cdot K_{\text{дн}} \cdot \frac{T_{\text{шт}}}{60} \cdot N,$$

где $C_{\text{час}}$ – часовая тарифная ставка рабочего-станочника соответствующего разряда, руб.;

$t_{\text{шт}}$ – норма штучного времени на операцию механической обработки, мин.;

$K_{\text{дн}} = 1,7$ – коэффициент, учитывающий дополнительные виды заработной платы и отчисления на социальные нужды.

Таблица 22 - Для проектного варианта

№оп	Профессия	Сз, руб
010	Сверловщик	11207,3
015	Оператор станков с ЧПУ	52718,7
		63926,0

Таблица 23 – Для базового варианта

№оп	Профессия	Сз, руб
020	Токарь	23715,0
030	Токарь	102,0
040	Токарь	33660,0
050	Фрезеровщик	26188,5
060	Фрезеровщик	2626,5
070	Токарь	30600,0
075	Расточник	2626,5
	Всего	119518,5

4.2.4. Затраты на электроэнергию

Затраты на силовую электроэнергию:

$$C_{э} = \frac{N_y \cdot K_m \cdot K_{од} \cdot K_{вр} \cdot K_w}{\eta} \cdot Ц_{э} \cdot \frac{t_{ум}}{60 \cdot K_{вн}} \cdot B,$$

где N_y – установленная мощность электродвигателя станка, кВт;

$K_m = 0,8$ – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности;

$K_{од} = 0,9$ – коэффициент одновременности работы электродвигателя станка;

$K_{вр} = \frac{t_{осн}}{t_{ум}}$ – средний коэффициент загрузки электродвигателей по времени;

$K_w = 1,05$ – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети;

$\eta = 0,95$ – средний КПД для электродвигателей станка;

$Ц_{э} = 3,5$ – стоимость одного кВт/ч электроэнергии, руб.

Таблица 24 - для проектного варианта

Станок	N, кВт	Тосн	Тшт., мин.	Сэ, руб
АХ TLW6	15	7,5	4,395	2901,32
MULTUS B300W	23	0,03	20,674	17,79
				2919,11

Таблица 25 - для базового варианта

Станок	N, кВт	Тосн	Тшт., мин.	Сэ, руб
16K20	10	7,5	9,3	1934,211
16K20	10	0,03	0,04	7,736842
16K20	10	11,5	13,2	2965,789
6P81	12	8,6	10,27	2661,474
6P81	12	0,78	1,03	241,3895
16K20	10	10,2	12	2630,526
2A450	8	0,85	1,03	175,3684
ИТОГО				10616,49

4.2.5. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Амортизация технологического оборудования:

$$C_{аморт} = \frac{B \cdot N_{пр} \cdot Kз \cdot N_{арен}}{100};$$

где $N_{арен} = 5,6$ – норма амортизации на полное восстановление станка, %.

Затраты на ремонт технологического оборудования:

$$C_{\text{рем.о.}} = \frac{S_{\text{рем}} \cdot R \cdot K_{\text{э}} \cdot B}{T_m \cdot \beta_m \cdot \beta_y \cdot \beta_{\text{ст}}} \cdot \frac{t_{\text{ум}}}{60},$$

где $S_{\text{рем}}$ – затраты на все виды ремонта за межремонтный цикл на единицу ремонтной сложности станка;

R – число единиц ремонтной сложности для данного станка;

$K_{\text{э}} = 1,3$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт электрической части станка;

$T_m = 24000$ – нормативная длительность межремонтного цикла, ч;

$\beta_m, \beta_y, \beta_{\text{ст}}$ – коэффициенты, учитывающие соответственно вид обрабатываемого материала, условия эксплуатации оборудования, весовую характеристику станка.

$$S_{\text{рем}} = T \cdot (C_{\text{час}} + D + M) = 126,7 \cdot 35 \cdot (1 + 0,585 + 10) = 51374 \text{ руб.}$$

где $T = n_k \cdot T_k + n_{\text{ср}} \cdot T_{\text{ср}} + n_m \cdot T_m + n_{\text{осм}} \cdot T_{\text{осм}} = 126,7$ – трудоемкость всех видов ремонта на единицу ремонтной сложности станка, нормо-ч;

где $n_k = 1, n_{\text{ср}} = 2, n_m = 6, n_{\text{осм}} = 9$ – количество капитальных, средних, текущих ремонтов и технических осмотров за межремонтный цикл;

$T_k = 35, T_{\text{ср}} = 23,5, T_m = 6,1, T_{\text{осм}} = 0,9$ – трудоемкость соответствующих видов ремонта и технологического осмотра.

$C_{\text{час.рем.}} = 35$ – средняя тарифная ставка (часовая) рабочих ремонтников, руб.;

D – основная и дополнительная заработная плата и отчисления на социальные нужды;

M – стоимость ремонтных материалов и запасных частей, руб.

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Таблица 26 - проектный вариант

Станок	С рем, руб	Б, руб	С аморти, руб	Спр, руб
AX TLW6	566,21	350000	1176	8112
MULTUS B300W	2663,46	350000	1176	8112
	3229,67		2352	16224

Таблица 27 - базовый вариант:

Станок	С рем, руб	Б, руб	С аморти, руб	Спр, руб
16K20	1198,13	350000	1176	8112
16K20	5,15	350000	1176	8112
16K20	1700,57	350000	1176	8112
6P81	1323,10	460000	1545,6	4368
6P81	132,70	350000	1176	4368
16K20	1545,98	350000	1176	8112
2A450	132,70	278000	934,08	6864
ИТОГО	6038,33		8359,68	48048

Затраты на эксплуатацию приспособлений:

$$C_{np} = 0,6 \cdot S_{np} \cdot 1,04 \cdot N_{np},$$

где S_{np} – первоначальная стоимость приспособлений, руб.

4.2.6. Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию сборного инструмента вычисляем по формуле:

$$C_{зи} = (C_{пл} \times n + (C_{корп} + k_{компл} \times C_{компл}) \times Q^{-1}) \times T_{маш} \times (T_{см} \times b_{фи} \times N)^{-1},$$

где $C_{зи}$ - затраты на эксплуатацию сборного инструмента, р.;

$C_{пл}$ - цена сменной многогранной пластины, р.;

n - количество сменных многогранных пластин, установленных для одновременной работы в корпусе сборного инструмента, шт.;

$C_{корп}$ - цена корпуса сборного инструмента (державки токарного резца, корпуса сборной фрезы/сверла), р.;

$C_{компл}$ - цена набора комплектующих изделий (опорных пластин, клиновых прижимов, накладных стружколомов, винтов, штифтов, рычагов и т. п.), р.;

$k_{компл}$ - коэффициент, учитывающий количество наборов комплектующих изделий, используемых в корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.

Q - количество сменных поворотных пластин, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.

N - количество вершин сменной многогранной пластины, шт. Для круглой пластины рекомендуется принимать $N = 6$);

$b_{фи}$ - коэффициент фактического использования, связанный со случайной убылью инструмента. Экспериментальные данные показывают диапазон изменения величины коэффициента от 0,87 при черновой обработке до 0,97 при чистовой обработке;

$T_{маш}$ - машинное время, мин;

$T_{ст}$ - период стойкости инструмента, мин.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Таблица 28 – Затраты на эксплуатацию сборного инструмента

Наименование инструмента	$C_{пл}$ руб	n	$C_{ко}$ руб	$C_{ком}$ руб	$k_{ко}$ мл	Q	Промежуточный итог	$T_{маи}$	$T_{ст}$	$b_{фи}$	N	Промежуточный итог
Резец правый проходной	850	1	1800	50	1	500	853,7		15	0,97	4	0,017
Резец левый	850	1	1800	50	1	500	853,7		15	0,97	4	0,017
Резец расточный	900	1	2500	40	1	500	905,08		15	0,97	2	0,034
Сверло		3	261		1	200	1,305		15	0,97	2	0,034

4.3. Расчет технологической себестоимости

Технологическая себестоимость

$$C = V + P;$$

где V – переменные затраты, рассчитанные на годовую программу, руб.;

P – постоянные затраты, рассчитываемые на год.

$$V = C_{заг} + C_з + C_э + C_{ри} + C_{аморт} + C_{рем.о.};$$

$$P = C_{пр} + C_{цех};$$

$C' = V + P$ – себестоимость без учета брака;

$$C_б = 0,01 \cdot C - \text{брак};$$

$C = C' + C_б$ – себестоимость с учетом брака.

Технологическая себестоимость проектного варианта:

$$V = 1408474,25 + 63926,0 + 2919,11 + 3229,67 + 2362 = 1480900,99 (\text{руб});$$

$$P_1 = 16224 + 35798 = 52022,0 (\text{руб});$$

$$C'_1 = 1480900,99 + 52022,0 = 1532922,99 (\text{руб});$$

Технологическая себестоимость базового варианта:

$$V = 1408474,25 + 119518,5 + 10616,49 + 6038,33 + 8359,68 = 1553007,25 (\text{руб});$$

$$P_1 = 48048 + 35798 = 83846 (\text{руб});$$

$$C'_1 = 1553007,25 + 83846,00 = 1636853,25 (\text{руб});$$

Экономический эффект от внедрения проектного варианта

$$\mathcal{E} = 1636853,25 - 1532922,99 = 103930,26 \text{ руб.}$$

4.4. Расчет роста производительности

Производительность труда на программной операции рассчитывается по формуле:

$$A_{\text{пр}} = F_{\text{д}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot 60 / t_{\text{ш-к}},$$

где $F_{\text{д}}$ – действительный фонд времени работы одного рабочего, ч

$k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм

$t_{\text{ш-к}}$ – штучно-калькуляционное время на операцию, мин.

Базовый вариант:

$$A_{\text{б}} = 1979 \cdot 1,1 \cdot 60 / 46,87 = 2786,7 \text{ мин};$$

Проектный вариант:

$$A_{\text{пр}} = 1979 \cdot 1,1 \cdot 60 / 25,069 = 5210,17 \text{ мин};$$

Рост производительности составит:

$$\Delta A = A_{\text{пр}} - A_{\text{б}} / A_{\text{б}} \cdot 100\% = 5210,17 - 2786,7 / 2786,7 \cdot 100\% = 87\%.$$

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Таблица 29 – Техничко-экономические показатели

Показатель	Единица измерения	Базовый вариант	Проектный вариант	Изменение показателя
Годовая программа	шт.	500	500	-
Трудоемкость на единицу продукции	норм. ч	0,338	0,180	-0,157
Трудоемкость на годовую программу	норм.ч.	338,17	180,87	-157,3
Численность основных рабочих	чел.	7	2	-5
Технологическая себестоимость единицы продукции	руб.	1636,85	1532,92	-103,93
Технологическая себестоимость годовой программы	руб.	1636853,25	1532922,99	-103930,26
Рост производительности	%	100	187	87

Выводы:

Внедрение в технологический процесс современного оборудования позволило уменьшить себестоимость обработки детали, количество оборудования и рабочих обслуживающих данное оборудование, а так же более короткий производственный цикл. Следовательно, спроектированный технологический процесс можно считать экономически эффективным по сравнению с базовым технологическим процессом, построенным на использовании универсальных станков, и следовательно наиболее выгодным.

5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Внедрение ЧПУ в технологию машиностроения обусловило необходимость построения числовых моделей технологического процесса, что в свою очередь привело к широкому использованию математических методов и числовой вычислительной техники. Технология машиностроения из науки, носившей преимущественно качественный характер, стала превращаться в науку точную. Программирование обработки на станках с ЧПУ, возникшее на стыке ряда дисциплин: технологии машиностроения, математики и кибернетики, отличающееся трудоемкостью и сложностью, требует от технолога высокой профессиональной подготовки, знания не только ряда технологических дисциплин, но и основ программирования и некоторых разделов математики и кибернетики. В результате появилась новая специальность «технолог-программист». На предприятиях сформировались бюро программного управления для технологического обеспечения станков с ЧПУ.

Для обслуживания современного оборудования на предприятии в учебном центре рабочие проходят подготовку и переподготовку по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

Подготовка и обучение ведется по следующим направлениям:

- организация обучения и обучение по договорам с предприятиями ОПК и другими организациями:
- организация и проведение стажировки, практики студентов и выпускников начальных, средних и высших учебных заведений;
- организация обучения и обучение собственного персонала.

5.1. Анализ профессионального стандарта оператора станков с ЧПУ

В Российской Федерации существует профессиональный стандарт по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Российской Федерации 4 августа 2014г. № 530н, в котором оператор станков с ЧПУ должен производить наладку обрабатывающих центров с программным управлением, устанавливать технологическую последовательность обработки деталей, выявлять неисправности в работе оборудования, обработка деталей.

В таблице 30 Рассмотрим описание обобщенных трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ .

Таблица 30 - Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ

Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
1			2		
Код	Наименование	уровень квалнфи кации	наименование	код	уровень (подуровень) квалификации
А	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности детален; Обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстия в деталях и поверхностей деталей по 8 14 квалитетам	А/01.2	2

Продолжение таблицы 30 - Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ

1			2		
			Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлении по технологической карте	A/02.2	2
			Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/03.2	2
			Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/04.2	2
			Подналадка, изготовление основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/05.2	2
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8-14 квалитетам	A/06.2	2

Окончание таблицы 30 - Описание трудовых функций оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ

1			2		
			Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании.	A/07.2	ц
В	[Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей требующих перестановок и комбинированного их крепления: обработка деталей средней сложности	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам	V/01.3	3
			Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	V/02.3	3
			Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	V/03.3	3
			Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7 - 8 квалитетам	V/04.3	3
			Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/01.4	4
С	Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4	Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/02.4	4

Так как в проектируемой детали имеются ответственные размеры отверстий по 8 качеству, поэтому мы можем взять за основу создания методики по переподготовке токаря 4 разряда, вторую трудовую функцию профессионального стандарта «Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностях деталей по 7 - 8 качествам».

Далее необходимо проанализировать какие знания и умения должен получить Токарь 4 разряда, чтобы составить учебно-тематический план переподготовки на Оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ.

Необходимые знания:

- Параметры и установки системы ЧПУ станка
- Правила отладки и проверки на точность обрабатывающих центров различных типов
 - Правила подналадки и проверки на точность обрабатывающих центров с ЧПУ
 - Системы управления и структура управляющей программы обрабатывающих центров с ЧПУ
 - Устройство, правила проверки на точность односторонних обрабатывающих центров с ЧПУ
 - Основы электротехники, электроники, гидравлики и программирования в пределах выполняемой работы
 - Последовательность технологического процесса обрабатывающего центра с ЧПУ
- Органы управления и стойки ЧПУ станка
- Режимы работы стойки ЧПУ
- Системы графического программирования
- Коды и макрокоманды стоек ЧПУ в соответствии с международными стандартами

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)

Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях

Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7 - 8 квалитетам

Необходимые умения:

- Налаживать обрабатывающие центры для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 7 - 8 квалитетам
- Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)
- Изменять параметры стойки ЧПУ станка
- Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей
- Выполнять установку и выверку деталей в нескольких плоскостях
- Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции
- Выполнять обработку отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам.

5.2. Учебно-тематический план переподготовки токаря

Профессия - Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

Квалификация - 4-й разряд.

Срок обучения - 2 месяца.

Переподготовка ведется на предприятии в учебно-производственном комбинате (УПК).

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Таблица 31 - Учебно-тематический план по переподготовке

Темы	Знания	Умения	кол-во часов		
			Всего	Теория	Практика
1	2	3	4	5	6
Основы электротехники и электроники	Основы электротехники, электроники и программирования в пределах выполняемой работы		4	4	
Основы гидравлики и пневматики	Основы гидравлики, пневматики и программирования в пределах выполняемой работы		4	4	
Основы технологии производства изделий машиностроения	Последовательность проектирования и реализации технологического процесса обработки деталей на обрабатывающем центре с ЧПУ	Выполнять обработку отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам	12	8	4

Продолжение таблицы 31 - Учебно-тематический план по переподготовке

1	2	3	4	5	6
Устройство станка с ЧПУ Конструкция и технические характеристики станка MULTUS-B300W ЧПУ.	Устройство, правила проверки на точность однотипных обрабатываемых центров с ЧПУ Органы управления и стойки станка MULTUS-B300W	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения трудовой функции Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам	24	8	16
Система управления оц с ЧПУ Изучение пульта оператора УЧПУ OSP-R200 станка MULTUS-B300W	Изучение пульта оператора УЧПУ OSP-R200, инсталлированного на станке с мод. MULTUS-B300W и приобретение навыков управления станком.	Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей	30	12	18

Продолжение таблицы 31 - Учебно-тематический план по переподготовке

1	2	3	4	5	6
Приобретение навыков написания программ для токарной обработки заданной детали	Изучить «Характеристики программы» УЧПУ OSP-P200. Изучить подготовительные G-функции и вспомогательные M-функции, некоторые трехбуквенные коды. Составление программы для токарной обработки заданной детали.	Программировать станок в онлайн на точение наружных и внутренних поверхностей. Производить корректировку программы.	68	20	48

Окончание таблицы 31 - Учебно-тематический план по переподготовке

1	2	3	4	5	6
Наладка и проверка на точность обрабатывающих центров с ЧПУ. Отработка УП	Правила отладки и проверки на точность обрабатываемых центров различных типов Правила подналадки и проверки на точность обрабатываемых центров с ЧПУ	Выполнять установку и выверку деталей в нескольких плоскостях Налаживать обрабатывающие центры для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 7 - 8 Выполнять обработку отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей	22	4	18
			160	60	104

Для разработки занятия рассмотрим более подробно тему: «Устройство станка с ЧПУ. Конструкция и технические характеристики станка MULTUS-B300W ЧПУ.». На тему выделено 68 часов из них 10 теоретических и 24 практических занятия. Составим план-конспект для

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
						83

проведения занятия на тему «Органы управления и стойки станка MULTUS-B300W».

5.3. Разработка методики проведения занятия

Тема занятия: «Органы управления и стойки станка MULTUS-B300W»
Цель занятия:

- изучение конструкции и технических характеристик станка модели MULTUS-B300 ЧПУ.
- изучение пульта оператора УЧПУ OSP-P200, установленного на станке с мод. MULTUS-B300, и приобретение навыков управления станком.
- изучение «Характеристики программирования» УЧПУ OSP-P200.
- изучение подготовительные G-функции и вспомогательные M-функции, некоторые трехбуквенные коды.
- составление программы для токарной обработки двухступенчатого валика двумя резцами.

Дидактическая: Формирование знания у обучающихся об органах управления станком с ЧПУ и написании управляющих программ для станка с ЧПУ.

Развивающая: Развивать профессиональный интерес и технический кругозор.

Воспитательная: Воспитывать культуру общения, культуру речи (в том числе с использованием специальной предметной терминологии).

Тип занятия: изучение нового материала

Метод обучения: рассказ, беседа, демонстрация слайдов.

Оснащение занятия:

- руководство по эксплуатации (РЭ) станка мод. MULTUS-B300 с ЧПУ и практическое ознакомление с конструкцией станка в лаборатории университета

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

- Руководство по эксплуатации (РЭ) станка мод. MULTUS-B300 с ЧПУ OSP-P200 и практическое ознакомление с пультом управления ЧПУ.
- Руководство оператора OSP-P200..
- Руководство программиста РП OSP-P200).
- ноутбук
- мультимедиапроектор
- экран
- слайды.

Таблица 32 - Ход занятия

№	Этап	Время	Деятельность преподавателя	Деятельность обучающихся
1	Организационный	5	Приветствует учащихся.	
2	Актуализация опорных знаний	10	Задаст вопросы	Отвечают на вопросы.
3	Изучение нового материала	50	Излагает новый учебный материал с использованием компьютерной презентации План изложения нового материала: 1. Органы управления станком с ЧПУ 2. Пульт ЧПУ станка	Слушают. составляют конспект изучаемого материала. Изучают содержимое слайдов. запоминают новый материал.

Продолжение таблицы 32 - Ход занятия

4	Закрепление нового материала.	15	Задаст ряд вопросов по новому материалу. Отвечает на вопросы.	Отвечают на задаваемые вопросы.
5	Заключительный	5	Подводит итоги занятия.	Слушают
6	Домашнее задание	5	Повторить пройденный материал	Записывают тетрадь.

Конспект занятия приведен в приложении Г

Презентация в приложении Д

5.4 Программа обучения операторов-наладчиков токарно-фрезерных станков с ЧПУ оснащенных системой ЧПУ **OSP-P200.**

(Продолжительность обучения 10 дней – 60 часов)

Меры предосторожности (1час)

1. Общие правила техники безопасности
2. Меры предосторожности при работе на оборудовании
3. Меры предосторожности при работе с электрическими системами
4. Предупреждающие знаки на станке
5. Потенциально опасные области

Основы управления токарно-фрезерного обрабатывающего центра с ЧПУ для обработки заданной детали (17 часов)

Последовательность настройки токарного станка с ЧПУ на обработку

Карта технологической обработки детали.

(Что содержит технологическая карта и как пользоваться этой информацией)

1. Маршрутная карта
2. Технологическая карта
3. Карта операционных эскизов
4. Карта контроля

Ноль станка. Ноль детали. Система координат детали – СКД

Система координат станка СКС

1. Что такое ноль станка
2. Что такое ноль детали

Система ЧПУ OSP-P200.

1. Пульт систему ЧПУ
1. Применяемость и работа в режиме JOG
2. Применяемость и работа в режиме MPG
3. Применяемость и работа в режиме REF
4. Применяемость и работа в режиме AUTO
5. Применяемость и работа в режиме EDIT
6. Применяемость и работа в режиме MDI
7. Применяемость и работа в режиме DNS
8. Функциональные клавиши системы ЧПУ
2. Пульт станка
1. Назначение органов управления вынесенных на пульт станка.

Технологическая наладка токарных станков с ЧПУ OSP-P200. Привязка инструмента (на станке, вне станка) (определение вылетов инструмента относительно базовой точки суппорта.).

1. Базирование заготовки на токарных станках
2. Размерная настройка инструментов
3. Метод непосредственной привязки

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

4. Метод настройки инструмента по прибору вне станка
5. Особенности размерной привязки инструментов

Наладка режущего инструмента с использованием Renishaw HPRA.

1. Циклы калибровки
2. Циклы измерения

Технологические основы токарной обработки

Рассматриваются рекомендации по выбору режимов резания и выбору режущего инструмента.

1. Скорость резания и число оборотов
2. Величина подачи
3. Глубина резания

Основы написания УП токарной обработки OSP-P200.

1. Программирование в ISO G-code
2. Программирование с использованием циклов
3. Примеры управляющих программ.

Инструментальная и технологическая оснастка используемая при работе на токарном станке с ЧПУ

1. Режущий инструмент с механическим креплением режущих пластин
2. Резцовые блоки
3. Способы крепления твердосплавных пластин
4. Способы крепления резцовых блоков

Практика по теме «наладка токарного обрабатывающего центра с ЧПУ на обработку заданной детали» (36 часов)

Отрабатываются практические навыки по наладке токарного станка с ЧПУ на обработку заданной детали.

									Лист
									88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Практическая работа по изготовлению реальной детали (6 часов)

Отработка практических навыков по обработке на токарно-фрезерном обрабатывающем центре на операцию обработки детали согласно маршрута обработки выданной заказчиком и запуск станка в автоматическую работу. Каждый из учеников самостоятельно согласно карте настраивает станок на изготовление конкретной детали.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения ВКР является совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Корпус гидроцилиндра» решены следующие задачи:

Проанализировать исходные данные по базовому техпроцессу и чертежу детали, было принято решение совместить токарную, фрезерную и сверлильную операции, применив высокопроизводительный обрабатывающий центр MULTUS B300W.

Выбрали прогрессивный режущий инструмент производства SANDVIK. Произвели расчет режимов резания и рассчитали новые нормы времени на выполнение операций.

Разработать технологический процесс с выбором методов получения заготовки, обработки, схем базирования и расчетом режимов резания.

Составили управляющую программу для станка MULTUS B300W в системе ADEM CAD, которая позволяет создавать УП для следующих видов обработки: фрезерования, точения, сверления, электрофизической, лазерной и листопробивной.

В экономической части произвели расчет количества оборудования, определили технологическую себестоимость детали «Корпус гидроцилиндра». Рассчитали численность рабочих и их фонд оплаты труда. Выполнили расчет затрат на производство и рассчитали общую себестоимость 1532922,99 руб. и получили экономический эффект 103930,26 руб.

В методической части проанализировали профессиональный стандарт оператора-наладчика станков с ЧПУ, разработали учебно-тематический план переподготовки токаря на оператора-наладчика станков с ЧПУ.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вардашкин Б.Н. и др. Станочные приспособления. Справочник. В2-х т., т-1-М: Машиностроение, 1997г - 592 с.
2. Горбачевнч, Л.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Л.Ф. Горбачевнч. В.Л. Шкред. - 4-е изд., перераб. и доп. - Минск: Высш. шк., 1996.-256 с.
3. Гузеев В.И. Справочник. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением. М.: Машиностроение. 2005, - 386с.
4. Локтев А.Д., Гуцин И.Ф., Батуев В.А. и др. «Общемашиностроительные нормативы режимов резания». Справочник: В 2-х т.: Т. 1, Т. 2/-М.: Машиностроение, 1991. - 640 с: ил.
5. Классификатор ЕСКД. Иллюстрированный определитель деталей. Класс 73. М.: Изд-во стандартов, 1991. 89 с.
6. Козлова, Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: учеб. Пособие / Т.А. Козлова. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. - 180 с.
7. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы времени. М. Экономика. 1990 - 473 с.
8. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски ГОСТ 7505-89. Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандарты. Москва, 1995 - 43 с.
9. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. Спец. Вузов¹ Я. VI. Радкевич, В.Л. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; под ред. В.А. Тимирязева. М.: Высш. Шк., 2004. - 272 с.:ил.

										Лист
										91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.023.ПЗ					

10. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник¹ Под общей ред. С.Г. Энтелеса. Э.М. Берлинера. - 2-е изд., перераб. И доп. М.: Машиностроение, 1995 - 496 с.

11. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой. Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., испр. - М.: Машиностроение - 1, 2003 г. 914 с, ил.

12. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой. Р.К. Мещерякова. 5-е изд., испр. - М.: Машиностроение - 1, 2003 г. 944 с, ил.

13. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн. 1. Производство деталей машин: Учеб. пособ. для вузов/Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. - М.: Высш. шк., 2003. - 278 с: ил.

14. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн. 2. Производство деталей машин: Учеб. пособ. для вузов. Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. М.: Высш. шк., 2003. - 295 с: ил.

15. Федотников А.П. Краткий справочник технолога-машиностроителя. Государственное научно-техническое издательство ОБОРОНГИЗ. Москва 1980-403с.

16. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технологического нормирования работ на металлорежущих станках. М., изд. «Машиностроение» - 1998.

17. Оперативное управление производством / В.И. Гончаров. А.Н. Колосов, Г.И. Дибинк.-М.: Экономика, 1998.- 120 с.

18. Основы технологии машиностроения. Учеб. для ВУЗов / В.Н. Кован. В.С. Корсаков, А.Г. Косилова и др. - М.: Машиностроение, 1996. - 416с.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

19. Применение новых инструментальных материалов и режущего инструмента на их основе: Метод. Рекомендации / ВНИИ инструмент. М.: ВНИИТЭМР, 1990.

20. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: Справочник / Под ред. В.С. Ямпольского. - М.: Машиностроение, 1975. -365 с.

21. Радионов А.И. Техника защиты окружающей среды / Родионов А.И., Клушин В.Н., Торошечников В.С. Учебник для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Химия, 1996. -512 с: ил.

22. Режимы резания металлов: Справ. / Под ред. К). В. Барановского. М.: Машиностроение, 1996. 39 с.

23. Романов Е. В. Основы проектирования технологических процессов изготовления деталей машин: Учеб. пособие /МГПИ. Магнитогорск, 1998. 258 с.

24. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. Киев: Высш. шк. 1995. 255 с.

25. Руководство к дипломному проектированию по технологии машиностроения, металлорежущим станкам и инструментам: Учебн. пособ. для.. вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Л.В. Худобин, и др. / под общ. ред. Л.В. Худобина М. Машиностроение, 1997.

26. Скакун В.А. Введение в профессию мастера ПО: Метод, пособие. - М.: Высш. шк. 1997. - 239 с.

27. Строительные нормы и правила Российской Федерации. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение. МинСтрой РФ, М. 1995.

28. Технологичность конструкции изделия: Справочник Ю.Д.Амиров, Т.К.Алферова. П.Н.Волков и др.; Под общ.ред. Ю.Д.Амирова. — М.: Машиностроение, 1990. — 786 с.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

29. Технология машиностроения: Спец. часть. Учеб машиностроит. спец. вузов/ А. А. Гусев, Ковальчук, И. М. Колесов и др. М.: Машиностроение, 1999.480 с

30. Фнраго В.П. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. Методы обработки поверхностей. - М.: Машиностроение, 1998.— 468 с.

31. Каталог инструментов Sandvik [Электронный ресурс]: https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/corodrill_460

32. Зажимные приспособления [Электронный ресурс]: <http://lab2u.ru/katalog-smw-autoblock-2016-zazhimnye-prisposobleniia-str-316-0316-lab2u.html>

33. Каталог инструментов Sandvik [Электронный ресурс]: <https://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/ brochures/ru-ru/c-1140-543.pdf>

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

Приложение А – Перечень графических материалов

Название	Формат
Чертеж заготовки	1 лист А1
Чертеж детали	1 лист А1
Иллюстрации технологического процесса	3 листа А1
Эскиз для программной операции 010 и 015	3 лист А1

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

Приложение Б – План конспект занятия теоретического обучения

Тема занятия : «Органы управления и стойки станка MULTUS-V300W».

Цели занятия: Образовательная:

Формирование основных понятии об станках с ЧПУ, органах управления станком с ЧПУ. Написание программ для станка ЧПУ.

Развивающая:

- развитие знаний об пульте управления и их назначением;
- развитие технического мышления;

Воспитательная:

- воспитывать интерес к изучаемой профессии;
- формирование сознательного отношения к изучаемому материалу;
- воспитывать такие качества личности, как дисциплина, самостоятельность, трудолюбие, и т.д.;

Тип занятия: урок ознакомления с новым материалом Структура занятия:

1. Организационный момент 5 мин
2. Сообщение темы занятия и постановка целей 3 мин
3. Актуализация опорных знаний 10 мин
4. Изучение нового материала 40 мин
5. Закрепление изученного материала 10 мин
6. Подведение итогов работы 5 мин
7. Домашнее задание 5 мин

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

Роликовые направляющие по осям X, Y, Z, сконструированные с высокой прочностью, износоустойчивостью и демпфированием вибраций (слайд 2)

- Жесткость роликовых направляющих в 2,6 - 3,0 раза выше, чем у шариковых направляющих.

Точность станка (слайд 3):

- Температурная деформация с течением времени: Менее 10 мкм
- Точность контурной обработки (закругленность) 2,8 мкм

Температурная деформация на шпинделе фрезерного инструмента, контролируемая на осях X, Y, Z.

Станок простой в управлении и обслуживании (слайд 4).

Высокоточный контроль фрезерной или токарной обработки:

Общий контроль температурной деформации на передней бабке, станине, стойке и револьверной головке

Станок оптимально контролируется, чтобы поддерживать высокую точность обработки даже при изменениях окружающей температуры.

Система предотвращения столкновений (СПС) (слайд 5) обнаруживает столкновения в каждой 3D модели для компонентов станка, инструментов, зажимов и заготовок, расположенных в OSP. Таким образом, если введенный профиль инструмента, зажима или заготовки отличается от фактического размера. СПС не сможет точно определить возможные столкновения. СПС не работает в выключенном состоянии (даже если станок включен).

Простой ввод информации настройки станка осуществляется с пульта управления OSP-P200(слайд 6)

Предусмотрены различные методы установки, от простого ввода размеров до ввода данных 3D-CAD (слайд 7)

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

Например:

1. Выберите патрон (насадку)
1. Уже хранящиеся 3D-модели стандартных патронов
2. Выберите из имеющихся 3D-моделей
2. Также можно считывать 3D-модели (формат STL(CAD))
3. Выберите инструменты:
 1. Уже хранящиеся 3D-модели стандартных инструментов
 2. Выберите из имеющихся 3D-моделей
4. Введите формы заготовки
5. Интерактивный ввод основных групп.

Программное обеспечение ЧПУ OSP-P200, разработанное нашей платформой 'Single Source for Machine & Control' (Один источник для станка и управления), продолжает обеспечивать усовершенствованные функции, такие как система предотвращения столкновений и другие инновационные технологии контроля.

Таблица 33 - Панель управления OSP-P200

15 дюймовый дисплей	<ul style="list-style-type: none">• на экране можно разместить большой объем информации
	<ul style="list-style-type: none">• Непосредственное управление данными.
Сенсорная панель	<ul style="list-style-type: none">• Износостойкая панель устойчива к появлению грязи и царапин• 2 порта стандартные. Можно подсоединять различные устройства, такие как флэш-карты USB для передачи
Порты USB	больших программ ЧПУ и устройства считывания
	штрих-кода для управления производством.

Таблица 34 - Техническая характеристика панели управления OSP-P200

1	2	3
Базовые спецификации	Управление	Токарная обработка: одновременно 2 оси X. Y, Многозадачность: одновременно 4 оси X. Y. Z, C
	Обратная связь по положению	Обратная связь по абсолютному положению, полный диапазон (возврат в нулевую точку не требуется)
	Мин./Макс. входные сигналы	8-значное десятичное число, 99999.999 - 0,001 мм. 0.001e Десятичное число: 1 мкм, 10 мкм, 1 мм (Г. 0,01°, 0,001°)
	Подача	Ручная коррекция: 0 - 200%
	Регулирование шпинделя	Ручная коррекция прямых команд скорости шпинделя (S5) 50 - 200% Постоянная скорость резания, обозначить оптимальную скорость токарной обработки
	Коррекции инструмента	Выбор инструмента: 96 наборов, коррекция на инструмент: 96 наборов
	Дисплей	Панель управления 15-дюймового цветного дисплея, сенсорная панель
	Самодиагностика	Автоматическая диагностика и отображение неполадок программы, операции, станка и системы ЧПУ
	Объем программ	Хранение программ. 2 Гб. оперативный буфер: 2 МБ
Операции	Система предотвращения столкновений	Предотвращает столкновение во время ручного, автоматического управления
		Простое моделирование данных формы

Продолжение таблицы 34 - Техническая характеристика панели управления
OSP-P200

1	2	3
	Программирование	Управление, редактирование, многозадачность программ, запланированные программы, постоянные циклы, специальные постоянные циклы, коррекция на радиус режущей кромки инструмент, нарезание резьбы метчиком, постоянные циклы сверления, арифметические функции, логические операторы, тригонометрические функции, переменные, операторы ветвления, автоматическое программирование (LAP4), помощь в программировании
	Операции станка	MDI, Ручной режим (быстрый ход, ручная рабочая подача, импульсная ручка), датчик силы, помощь в операциях, помощь при неполадках, возврат последовательности, ручное прерывание & автовозврат, задержка нарезания резьбы, ввод/вывод данных
	MacMan	Управление процессом обработки: результаты обработки, загрузка станка, сбор и отчет данных о неисправностях, внешний вывод
Com/Net		USB-порты. Ethernet
Высокая скорость/точность		Управление Hi-G, коррекция на вращение оси В

Таблица 35 Возможности программирования

Круговое нарезание резьбы	Вдоль дуги
Задача пользователя 2	Подпрограммы, функциональная операция, логическая операция
	Входные/выходные переменные (каждые 8 точек)
Коррекция на инструмент	Коррекция на инструменты, корректирует радиус резца (Стандартно: 96 наборов)
	Дополнительные наборы. 200 наборов
Общие переменные	1000 наборов (Стандартно: 200 наборов)
Совмещение резьбы (требуется ориентирование шпинделя)	Возможно заново нарезать резьбу для удаленных нарезанных деталей
Задержка нарезания резьбы	Временная остановка во время нарезания резьбы, за исключением G34/G35
	Временная остановка во время нарезания резьбы для G34'G35
Нарезание резьбы с регулируемой скоростью шпинделя	Регулирует перегрузку шпинделя во время нарезания резьбы
Синхронное нарезание резьбы метчиком со шпинделем	От шпинделя до оси Z (жесткое нарезание резьбы)
Нарезание с самым малым ходом шпинделя	Резание на очень низких скоростях шпинделя
Винтовое нарезание	Круговая интерполяция + винтовая интерполяция оси

Один экран показывает фактическую позицию, моделирование, таблицы подготовки обработки и т.д. Исключается переход режимов; с минимальными переходами экранов и движением курсора.

Создание программы, подготовка обработки; различные операции можно выполнять непосредственно с Операционных карт. Управление простое даже без запоминания кодов G/M

Противошпиндель (спецификация W)

MULTUS B300-W

- Макс. 5000 об/мин
- VAC 15/11 кВт (20/15 л.с.)
- Обработка по внешнему диаметру Тяжелый режим; 2,5 мм²10 ю⁴ дюйма-) Скорость резания: 100 м/мин 8 фунтов/мин) Глубина резания: 5 мм (0,20 дюйма)

Скорость подачи: 0.5 мм/об (0,02 дюйма/м)

Меры противопожарной безопасности при работе на станке:

Чтобы защитить свое предприятие и оборудование от пожара и обеспечить непрерывную безопасную работу, во время работы на станке соблюдайте следующие правила противопожарной безопасности.

По возможности избегайте использования масляных СОЖ для операций резки.

Искры, вызываемые горячей стружкой, трением инструмента и шлифованием, могут привести к пожару.

Всегда соблюдайте следующие меры предосторожности для обеспечения безопасной операции во время обработки легковоспламеняющихся материалов или во время выполнения сухого резания.

1. Масляная СОЖ

(1) Используйте невоспламеняющуюся СОЖ

(2) При неизбежном использовании масляной СОЖ:

										Лист
										103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ДП 44.03.04.023.ПЗ					

- Перед началом обработки проверьте резцы, чтобы убедиться в их сроке годности и состоянии режущей кромки, и выберите условия резания, которые не приведут к пожару.

- Периодически чистите фильтр СОЖ, чтобы поддерживать достаточный слив СОЖ и как можно чаще проверяйте, правильно ли она выводится.

- Примите меры, чтобы проконтролировать вспышки огня: поместите рядом со станком огнетушитель; оператор должен постоянно контролировать операцию; установите систему автоматического пожаротушения.

- Уберите воспламеняющиеся материалы от станка.

- Не позволяйте стружке накапливаться.

- Периодически чистите внутри станка и вокруг него.

- Убедитесь, что станок функционирует правильно.

- Никогда не оставляйте работающий станок без присмотра.

- Так как для операций шлифования требуется система автоматического

пожаротушения и другие внешние устройства, поэтому если вы запланируете выполнять такие операции, обязательно поставьте нас в известность.

2. Меры предосторожности по обработке потенциально воспламеняющихся материалов

Прежде чем обрабатывать любой материал, считающийся воспламеняющимся, например, пластмассу, резину, дерево, ознакомьтесь со специальными характеристиками материала в целях противопожарных мер и соблюдайте меры предосторожности, указанные выше в п. (2) в целях обеспечения безопасности.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

Например: Во время обработки магния существует опасность того, что магниевая стружка вступит в реакцию с водорастворимой СОЖ, выделяя водород, что приведет к взрыву в случае возгорания стружки.

3. Сухое резание

Сухое резание является пожароопасным из-за того, что заготовки, инструменты и стружка не охлаждаются. В целях обеспечения безопасной работы уберите все воспламеняющиеся вещества от станка и не позволяйте стружке накапливаться.

Кроме того, проверьте резцы на предмет их срока службы и состояния режущих кромок и соблюдайте меры предосторожности, касающиеся масляных СОЖ, указанные выше в п. (2).

Контрольные вопросы

В конце занятия необходимо ответить на ряд тестов для подтверждения усвоения материала и зачета работы:

1. Какие виды обработки можно производить на станке MULTUS - 300.
2. Наибольший диаметр обработки над суппортом.
3. Наибольший диаметр обработки над станиной.
4. Диаметр цилиндрического отверстия в шпинделе.
5. Область применения станка с ЧПУ.
6. Для чего в шпиндельной бабке установлен датчик, беззависимо связанный со шпинделем через зубчатую передачу?
7. Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной.
8. Номер конуса Морзе центра в пиноли.
9. Наибольшая высота резца, устанавливаемого в резцедержателе.
10. Как регулируется усилие зажима детали?
11. Как обозначаются оси в токарном патронно-центровом станке с ЧПУ
12. Наибольший ход суппорта по оси X.

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

13. Наибольший ход суппорта по оси Z.
14. Пределы частот вращения шпинделя, об/мин.
15. Номер конуса Морзе центра в шпинделе.
16. Какие команды выполняются при задании режима работы станка MDI «Ручной ввод кадра»?
17. Какие команды выполняются при задании режима работы станка AUTO «Автоматический»?
18. Какие команды выполняются при задании режима работы станка STEP «Кадр»?
19. Какие команды выполняются при задании режима работы станка MANU «Безразмерные ручные перемещения»?
20. Какие команды выполняются при задании режима работы станка PROF «Автоматический возврат на профиль»?
21. Какие команды выполняются при задании режима работы станка HOME «Выход в ноль»?
22. Какое количество подготовительных функций M можно программировать в одном кадре?
23. Какой формат нарезания метрической резьбы с постоянным шагом?
24. Что определяет адресное слово G?

					ДП 44.03.04.023.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

Приложение В – Презентация к занятию

СЛАЙД 1

MULTUS B300

Токарная обработка:

- Макс. 5000 об/мин
 - PREX 15/11 кВт
- | |
|---|
| • Обработка по внешнему диаметру
В тяжелом режиме: 3 мм ²
Скорость резания: 100 м/мин
Глубина резания: 6 мм
Скорость подачи: 0,5 мм/об |
| • Сверление твердосплавными сверлами
Сверление смазочных отверстий Ø40
Скорость резания: 100 м/мин
Скорость подачи: 0,2 мм/об |

(Материал заготовки S45C)

Фрезерная обработка:

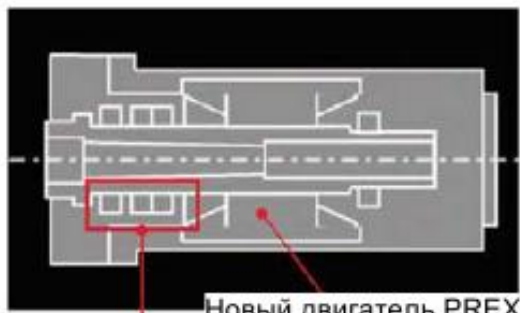
- Макс. 6000 об/мин
 - PREX 11/7,5 кВт
- | |
|--|
| • Концевая фреза для черновой обработки
твердосплавным инструментом Ø20 (7 канавок)
Объем резания: 360 см ³ /мин
Скорость резания: 250 м/мин
Глубина резания: 8 мм x 20 мм
Скорость подачи: 0,08 мм/лезвие |
| • Сверление
Твердосплавное сверло Ø25
Скорость резания: 70 м/мин
Скорость подачи: 0,27 мм/об |

(Материал заготовки S45C)



Общий вид станка

СЛАЙД 2

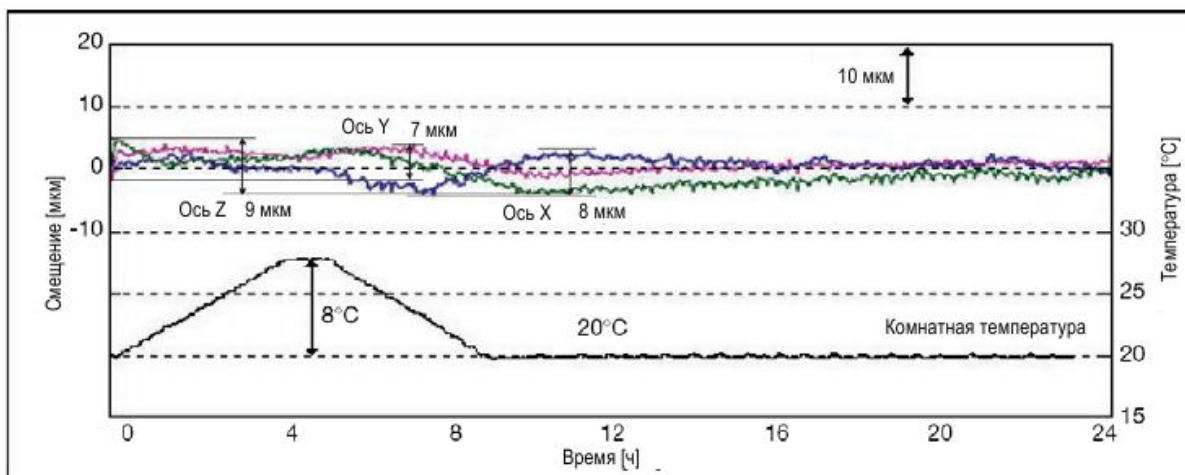


Новый двигатель PREX

Роликовые и угловые шарикоподшипники (для MULTUS B300/B400)



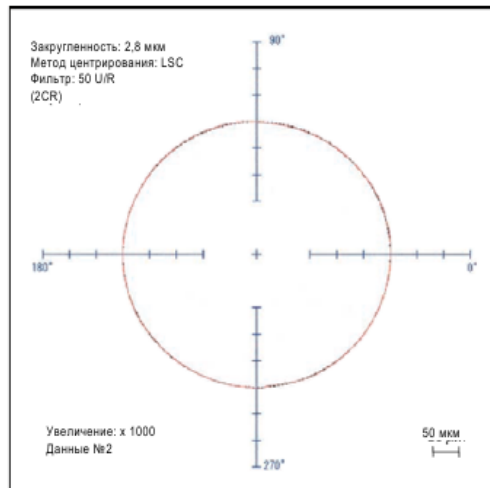
Индексирование оси В: 225°
(минимальный заданный угол: 0,001°)



- Время цикла: 15 мин
- Условия работы:
 - Главный шпиндель..... 3800 об/мин (2,5 мин)
 - Фрезерный шпиндель..... 6000 об/мин (6 мин)
 - 10000 об/мин (6 мин)
 - Остановлено (0,5 мин)
- СОЖ

Температурная деформация с течением времени: Менее 10 мкм

СЛАЙД 3



- Материал: S45C
- Условия резания:

Ø20 концевая фреза
 Скорость шпинделя 1600 об/мин
 Скорость подачи 240 мм/мин

Точность контурной обработки (закругленность) 2,8 мкм

Точность

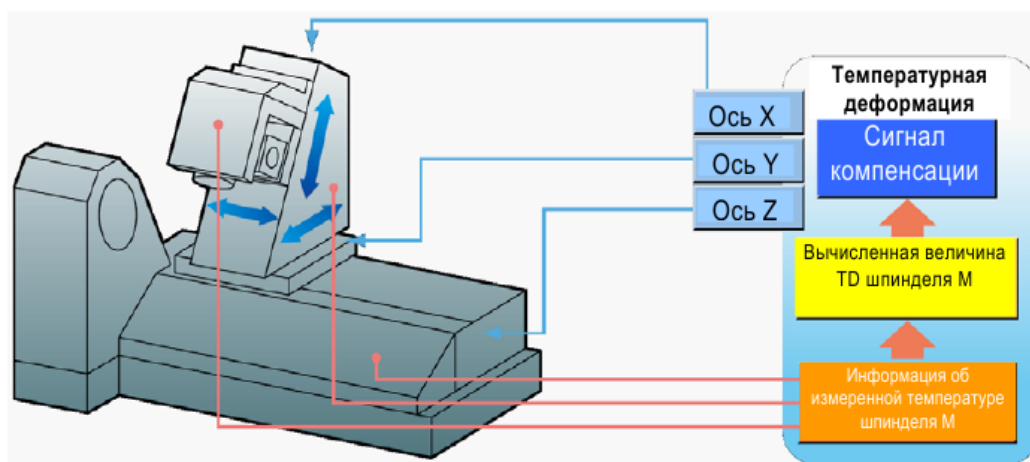
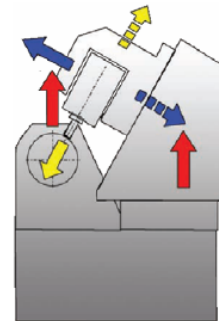
▪ Усовершенствованный принцип термоустойчивости

Простая конструкция для температурной деформации

Разработана для выравнивания окружающих температур

Высокоточная технология компенсации температурной деформации

- Общий контроль температурной деформации в каждом блоке
- Контроль 0, 1мкм в реальном времени
- Высокоточная обработка в общих окружающих условиях



Температурная деформация на шпинделе фрезерного инструмента, контролируемая на осях X, Y, Z

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

СЛАЙД 4

Поворотная панель управления



Легкая дверца



Портативная импульсная ручка



Простое техобслуживание спереди



Съемный бак для СОЖ



Управление АТС



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.023.ПЗ

Лист

110

СЛАЙД 5

■ Обработка без столкновений

Автоматическое управление

- Движения ЧПУ проверяются в реальном времени
- Движения останавливаются перед программируемым блоком, имеющим риск столкновения

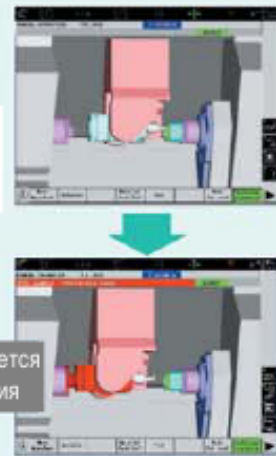
Ручное управление

- Предварительные проверки ручных движений в реальном времени
- Ручные движения останавливаются, когда обнаруживается столкновение

Проверка программы

- Возможна быстрая проверка столкновений перед началом фактической обработки.

Помеха проверяется до столкновения



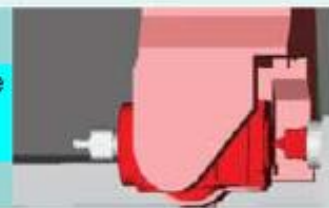
Останавливает станок до столкновения



Столкновение с крышкой



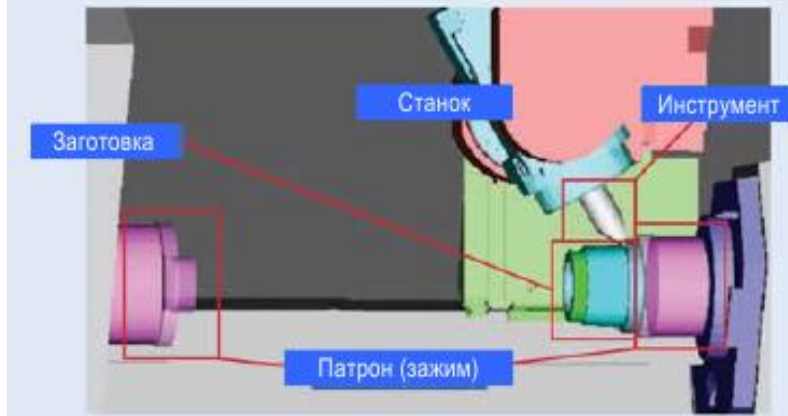
Столкновение с задней бабкой



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

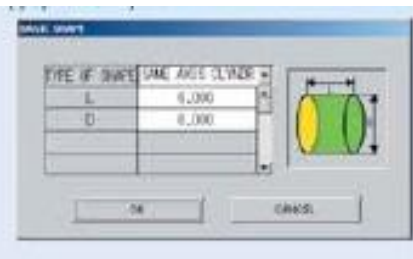
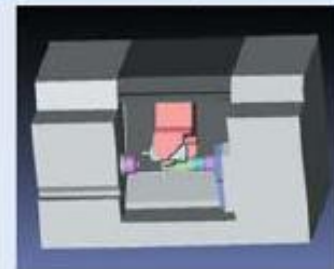
СЛАЙД 6

■ Простой ввод информации настройки



Станок (выполненные установки)

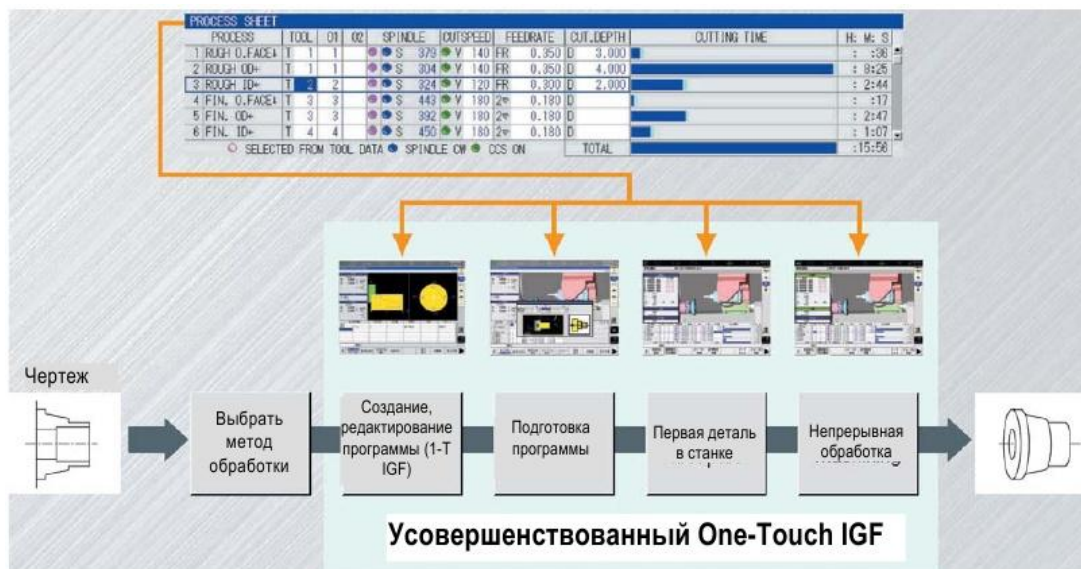
- 3D-модель станка зарегистрирована
- Автоматически выбираемые установки для запуска



Пульт управления OSP-P200

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СЛАЙД 7



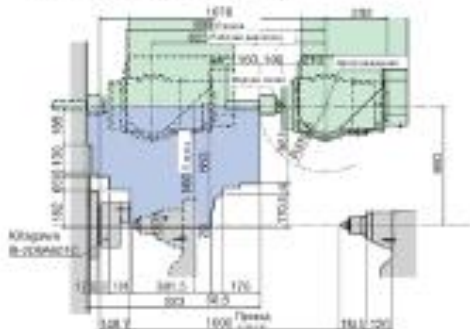
СЛАЙД 8

MULTUS B300

- Главный шпиндель
- OD-A (Ось В 90°)



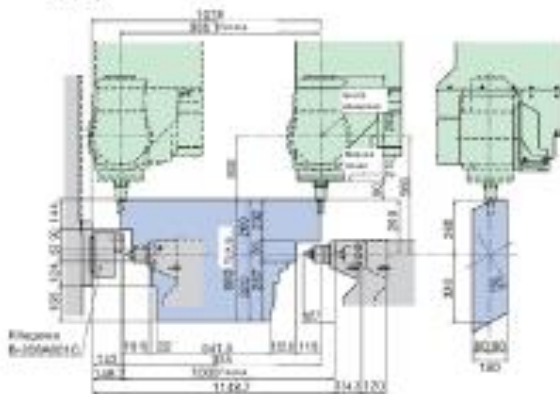
- ID-H40 (Ось В 0°)



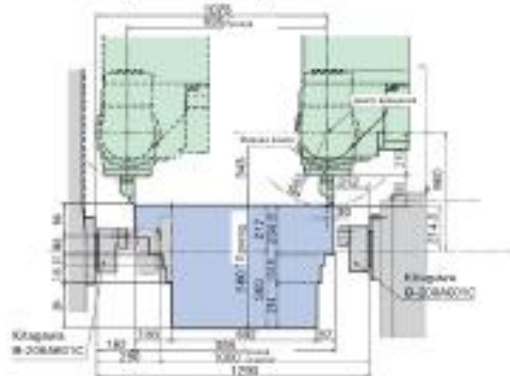
- Держатель торцевой фрезы (Ось В 0°)



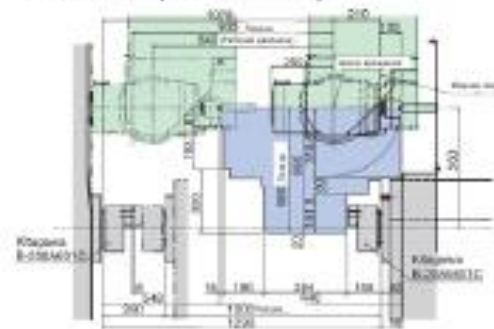
- Держатель торцевой фрезы (Ось В 90°)



- Протившпиндель
- OD-A (Ось В 90°)



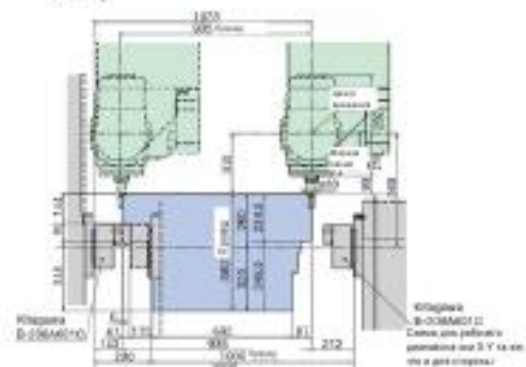
- ID-H40 (Ось В 180°)



- Держатель торцевой фрезы (Ось В 180°)



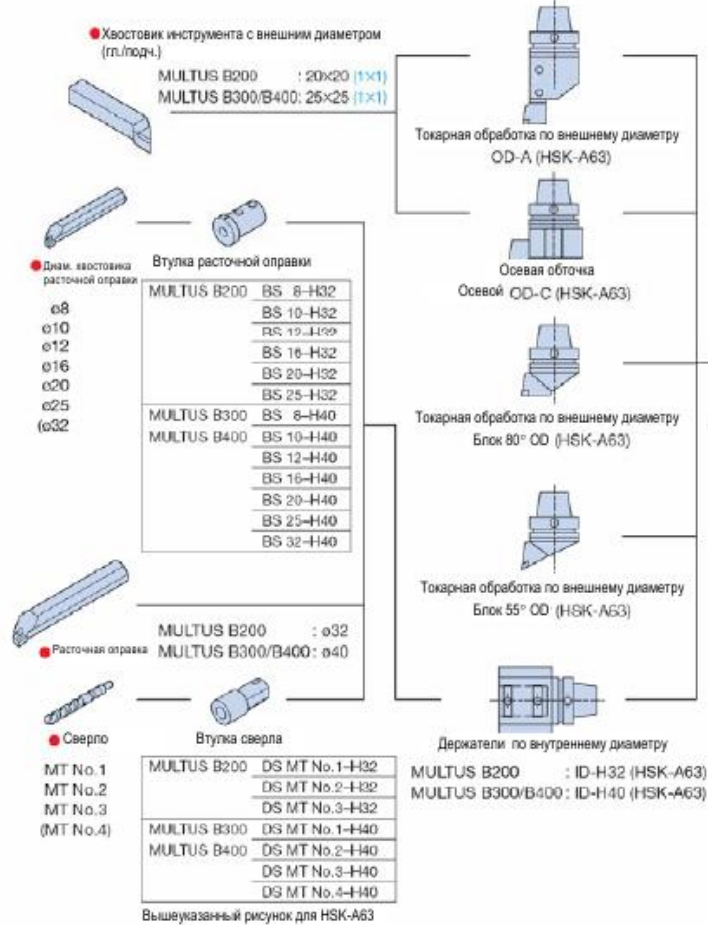
- Держатель торцевой фрезы (Ось В 90°)



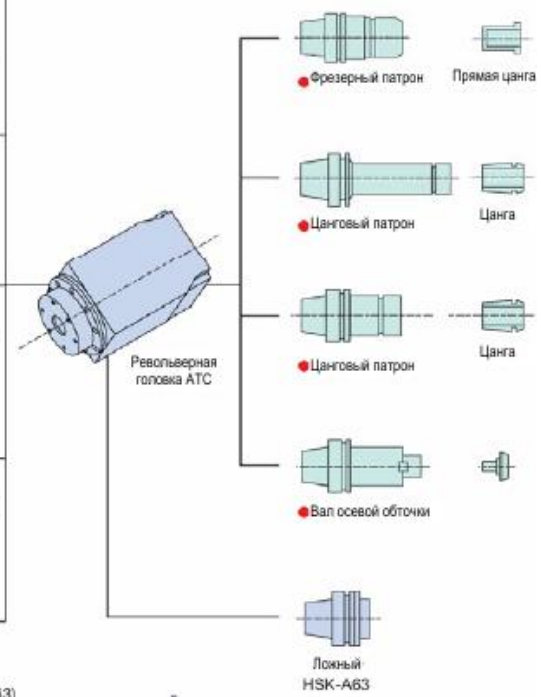
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

СЛАЙД 9

Токарная обработка



Фрезерная обработка

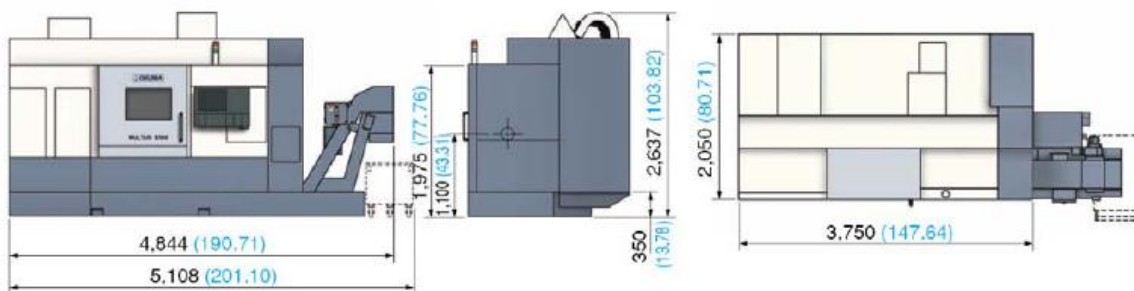


Также можно использовать некоторые стандартные вращающиеся инструменты на основе DIN69893-1 HSK-A63.

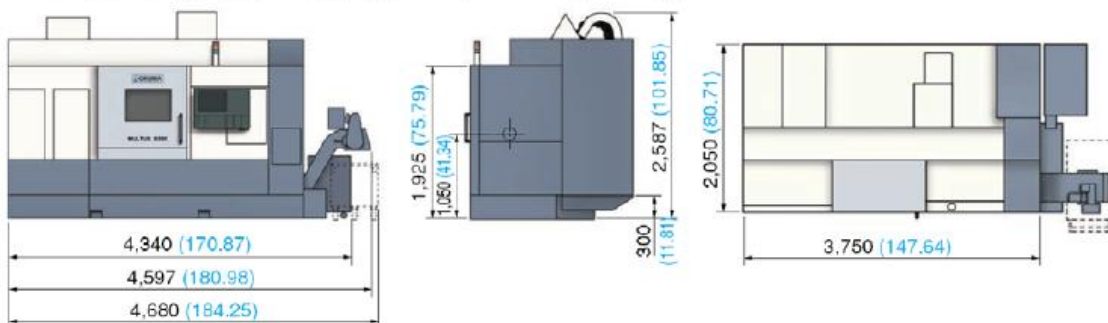
● Стандартные детали

MULTUS B300

- С транспортером с барабанным фильтром



- С транспортером с разделительным фильтром



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

ДП 44.03.04.023.ПЗ

Лист

116