

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение является важнейшей отраслью промышленности. Его продукция – машины различного назначения поставляются всем отраслям народного хозяйства. Рост промышленности и народного хозяйства, а также темпы перевооружения их новой техникой в значительной степени зависят от уровня развития машиностроения.

Технический прогресс в машиностроении характеризуется не только улучшением конструкции машины, но и непрерывным совершенствованием технологий производства. Актуальность дипломного проекта заключается в улучшении существующего технологического процесса, уменьшения времени на механическую обработку, увеличении коэффициента использования материала и загрузки оборудования.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается проектирование группового технологического процесса механической обработки деталей типа корпус, выпускаемых на ООО «Юргинский машзавод» с целью улучшения существующего метода изготовления.

При разработке выпускной квалификационной работы решаются следующие задачи: отработка конструкции изделия и детали на технологичность, выбор средств технологического оснащения, нормирование технологических механосборочных процессов, разработка технологических операций сборки, выбор рационального способа получения заготовки, определение баз, составление технологического маршрута обработки детали, расчет припусков и режимов резания, расчет необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки, конструирование приспособления на операцию, оценка экономической эффективности разработанного и базового технологических процессов.

1.1 Аналитический обзор

1.1 Анализ существующего производства

На базовом предприятии ООО «Юргинский машзавод» на детали, входящие в группу, разработаны единичные технологические процессы. Детали изготавливают в цехе №43. При изготовлении применяют различные станки, инструменты, приспособления, схемы базирования. Это значительно увеличивает сроки технологической подготовки производства, увеличивает трудоёмкость, снижает производительность труда. Эти недостатки можно ликвидировать применением группового технологического процесса.

Под групповой организацией производства по ГОСТ 14.004–83 понимается форма организации, характеризующаяся совместным изготовлением или ремонтом группы изделий различной конфигурации на специализированных рабочих местах.

1.1.2 Назначение и схема управления цеха №43

Цех №43 является основным механосборочным цехом ООО «Юргинский машзавод». Цех производит механическую обработку основных деталей грузоподъемной техники и часть деталей горно-шахтного оборудования, сварочные работы металлоконструкций грузоподъемной техники. Организационная структура управления цехом строится исходя из соображений, обеспечивающих наибольшую четкость и оперативность руководства выполнением стоящих перед цехом производственных задач.

Схема управления цехом № 43 ООО «Юргинский машиностроительный завод» представлена на рисунке 1.1

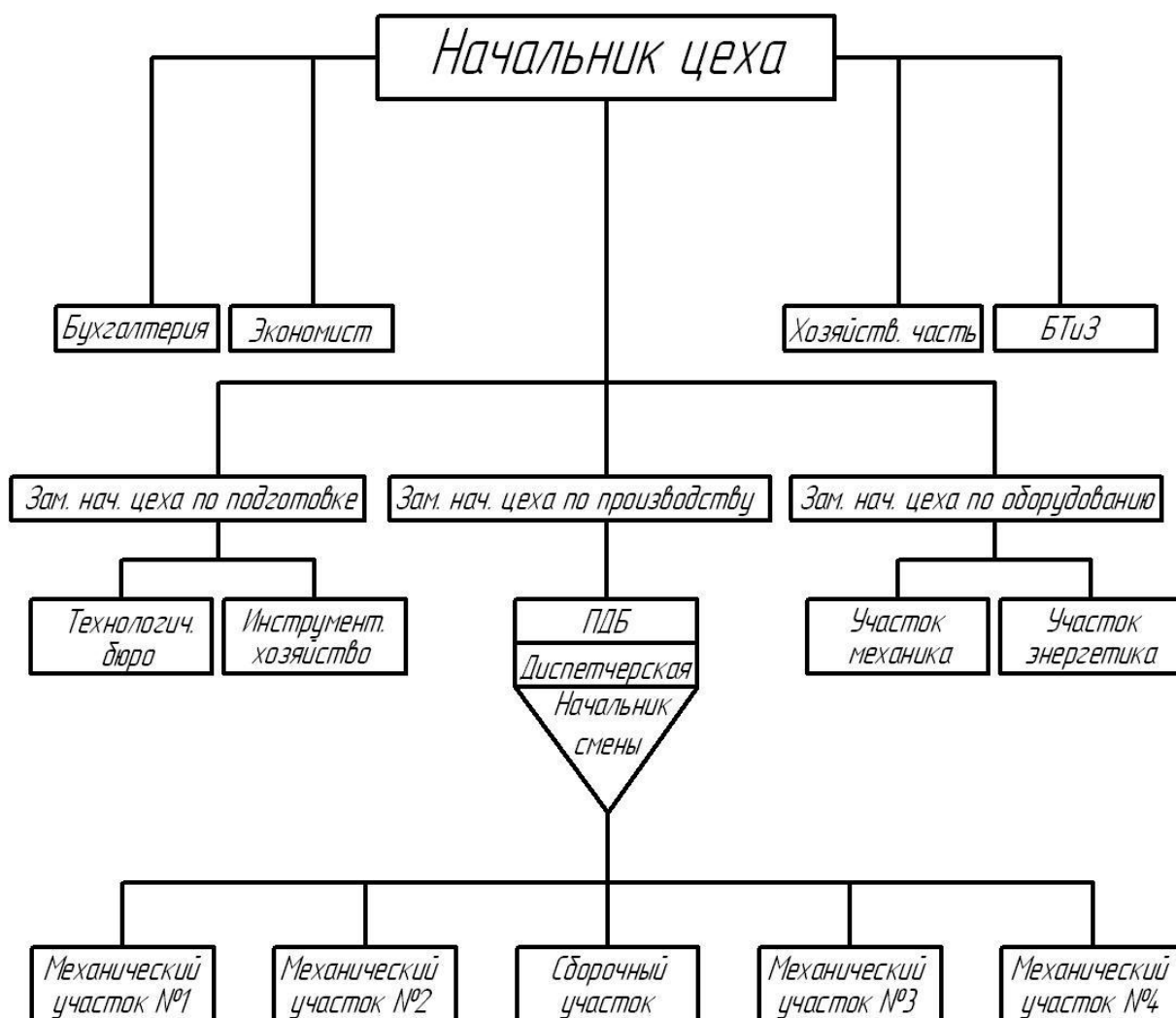


Рисунок 1 Организационная структура управления цеха №43

Производство цеха №43 является мелкосерийным. В соответствии с ГОСТ 3.1108-74 коэффициент закрепления операций для мелкосерийного производства равен от 20 до 40 включительно.

Серийное производство является основным типом современного машиностроительного производства. Изделия изготавливают партиями или сериями, состоящими из одноименных, однотипных по конструкции и одинаковых по размерам изделий. Объем выпуска колеблется от десятков и сотен до тысяч регулярно повторяющихся изделий. Технологический процесс преимущественно дифференцирован, т.е. рассчитан на отдельные операции, которые закреплены за отдельными станками.

Станки используются разнообразных видов: универсальные, специальные, специализированные. Оборудование расставляется по технологическим группам.

Технологическая оснастка универсальная, специальная: специальные приспособления, режущий инструмент. Измерительный инструмент в виде предельных (стандартных и специальных) калибров, шаблонов.

Средняя квалификация рабочих выше, чем в массовом производстве, но ниже, чем в единичном производстве.

Технологическая документация и техническое нормирование подробно разработано для наиболее сложных деталей. Одновременно применяется упрощенная документация и опытно-статическое нормирование. Серийное производство значительно экономичнее, чем единичное. Лучшее использование оборудования, специализация рабочих, увеличение производительности труда уменьшает себестоимость изделия.

Таблица 1.1 Режим работы цеха №43

Количество рабочих смен	2
Фонд рабочего времени на 2016 год	1987 часа;
Количество рабочих дней в году	249
Продолжительность рабочей смены	8 часов
Пятидневная рабочая неделя	

1.1.3 Служебное назначение изделий

Корпус КС-4372.104.30.003 является базовой деталью цилиндра раздаточной коробки крана модели КС-4871, грузоподъемностью 20 тонн. Он предназначен для ориентации в пространстве деталей узла и обеспечивает возможность их перемещения на заданное расстояние.

Пневмоцилиндр КС-4372.104.30.000 (Ц1)

Пневмоцилиндр (Ц1) двухстороннего действия обеспечивает передвижение крана, переключение диапазонов скоростей и отключение шестерен привода ходовой части при включении крановых операций. Он состоит из корпуса, подпружиненного штока с вилкой, поршня, выключателя. Включение повышающего диапазона скоростей производится подачей воздуха в подвод А, понижающего – в подвод Б. Установка в нейтральное положение при крановых операциях производится при помощи пружины..

Пневмоцилиндры КС-4372.104.10.000, КС-4372.104.20.000 (Ц2, Ц3)

Пневмоцилиндры Ц2, Ц3 конструктивно выполнены одинаково и представляют собой пневмоцилиндр одностороннего действия. Один из них обеспечивает включение привода переднего моста, другой – насосов.

Пневмоцилиндры Ц2, Ц3 состоят из корпуса, подпружиненного штока с вилкой и поршня. В пневмоцилиндре имеется выключатель.

Включение привода переднего моста или гидронасосов производится подачей воздуха в подвод А, выключение – пружиной. При включенном положении пневмоцилиндра Ц3 контакты выключателя должны быть замкнутыми, при выключенном – разомкнутыми.

Аварийное включение производится ввинчиванием болта в пневмоцилиндр ЦЗ перед буксировкой крана тягачом.

Детали, входящие в группу, изготавливаются из серого чугуна марки СЧ20 ГОСТ 1412-85. Химический состав данного материала представлен в таблице 1.2

Таблица 1.2 Химический состав материала СЧ20 ГОСТ 1412-85

Химический состав, %				
C	Si	Mn	P	S
3,3...3,5	1,4...2,4	0,7...1,0	0,2	0,15

Таблица 1.3 - Предел текучести в МПа

Материал	Температура испытания в °С				
	400	450	500	550	600
Серый чугун	366	341	316	266	216

Таблица 1.4 - Модуль упругости в Мпа

Материал	Температура испытания в °С				
	400	450	500	550	600
Серый чугун	11100	10900	10700	10450	10200

Таблица 1.5

Чугун	Объёмная усадка в %			Линейная усадка в %					
	В жид. состоянии и при кристаллизации	В твёрдом состоянии	Общая	Свободная					Затруднения
				Предусадочное расширение	Доперлитная	Расширение при перлитном превращении	Послеперлитная	Общая	
Серый	4,2	2,7-3,9	6,9-8,1	0-0,3	0-0,4	0,1	0,94-1,06	0,9-1,3	0,8 - 1,0

Физико-механические свойства (ГОСТ 8479–70) в соответствии с техническими требованиями представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 Физико-механические свойства (ГОСТ 8479–70)

$\sigma_{изг.}$	σ_B	σ_{-1}	δ	КС	НВ
МПа			%	кДж/м ²	Не более
420	200-250	±90	1,2	20	230

где σ_B – предел прочности при растяжении;

δ – относительное удлинение при разрыве короткого образца;

ψ – относительное сужение сечения;

КС – ударная вязкость.

1.1.4 Анализ технологичности изделия

Технологичность по ГОСТ 18831–73 рассматривается как совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технологической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества в принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта.

Технологичность детали обуславливается рациональным выбором заготовок и материалов, формой детали, рациональной постановкой размеров, назначением оптимальной точности размеров, параметров шероховатости и технических требований. Технологичность оценивается качественно и количественно.

Качественная оценка технологичности корпуса КС-4372.104.30.003 показывает, что:

конструкция детали допускает обработку плоскостей на проход;

конструкция детали обеспечивает свободный доступ к обрабатываемым поверхностям;

в корпусе имеются глухие резьбовые отверстия, что является нетехнологичным;

-в корпусе отсутствуют плоскости и отверстия, расположенные под тупыми или острыми углами;

деталь жесткая и не ограничивает режимы резания;

в корпусе отсутствует внутренняя резьба большого диаметра;

в конструкции детали имеются базовые поверхности, достаточные по размерам и расстоянию;

Отсюда следует, что с позиции качественной оценки данная деталь технологична.

Наиболее трудным в изготовлении участком является канавка под уплотнительное кольцо диаметром 27Н9, т.к. она расположена в труднодоступном месте, и подвод режущего инструмента ограничен.

Способ получения заготовки - литье в песчано-глинистые формы, что соответствует мелкосерийному типу производства. Основное требование к технологичности таких отливок – беспрепятственное извлечение модели из формы, и стержня из стержневого ящика. Толщина стенок отливки более 8мм, необходимых по условию заполняемости для чугунных отливок. Допускаемые погрешности по ГОСТ 26645-85. В целом отливка технологична по качественным показателям литых деталей, что обеспечивает прочность и жесткость детали, хорошую заполняемость, несклонность к образованию полостей и раковин у заготовки.

Количественная оценка технологичности

К основным показателям технологичности конструкции относятся:

абсолютный технико-экономический показатель – трудоемкость изготовления детали $T_{и}$, мин;

уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления $K_{у.т.}$;

уровень технологичности конструкции по технологической себестоимости $K_{у.т.}$;

технологическая себестоимость $C_{т.}$, руб;

Коэффициент использования материала вводится для обоснования выбора оптимального варианта получения заготовки:

Для корпуса КС-4373.104.30.003

$$K_{им} = M_з / M_д = 7,52 / 15 = 0,501,$$

где $M_д$ – масса детали, кг;

$M_з$ – масса заготовки, кг

$K_{им} > 0,7$ – показатель свидетельствует об удовлетворительном использовании материала

Т.к. $K_{им} < 0,7$ делаем вывод что, конструкция детали является нетехнологичной.

1.1.5 Определение типа производства

Тип производства на данном этапе проектирования технологического процесса определяется ориентировочно. Согласно массе обрабатываемой заготовки и годовой программе выпуска деталей 1000 шт., соответствует серийному типу производства. После разработки технологического процесса механической обработки и числа основного оборудования тип производства подлежит уточнению по коэффициенту закрепления операций (ГОСТ 14.004-83).

$$K_{30} = \frac{P_o}{C} = \frac{F_d \times 60}{N \times t_{шт} \times K_{cp}}, \quad (1.1)$$

где P_o – количество операции в технологическом маршруте;
 C – расчетное количество рабочих мест, необходимых для выполнения годовой программы;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час;

N – годовая программа, шт.;

$T_{шт.к.}$ – среднее штучно-калькуляционное время выполнения операции.

В кране КС-4372 используются корпуса: 104.10.003, 104.20.003, 104.30.003

Годовая программа выпуска изделий с учетом запасных деталей составляет 1000шт.

Рассчитываем размер партии запуска:

$$n = N \cdot a / F, \quad n = 1000 \cdot 12 / 249 = 48 \text{ шт.} \quad (1.2)$$

где $F=249$ —число рабочих дней в году;

$a=3,6,12,24$ —периодичность запуска в днях.

1.1.6 Анализ базового технологического процесса

Технологический маршрут обработки корпуса КС-4372.104.30.003 имеет следующий вид:

005 Фрезерная. Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели ГФ2171С6

010 Слесарная.

015 Сверлильная Фрезерно-сверлильно-расточной станок с ЧПУ модели ИР-500МФ4.

020 Слесарная.

025 Фрезерная. Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели ГФ2171С6

030 Слесарная. Верстак слесарный.

035 Сверлильная. Радиально-сверлильный станок модели 2А554.

040 Слесарная.

045 Покрытые.

Таблица 1.8

Операция	Наименование операции	Оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент	Т _{шт} , мин
1	2	3	4
005	Фрезерная	ГФ2171С6, Приспособление 319-1037 Фреза 125 ВК8 СТП 1408, Сверло 15 011-715, Сверло 12 ГОСТ 10903, Сверло 8 ГОСТ 10903 Зенкер 13 2320-2563 ГОСТ 127489 Оправка 220-227 Патрон Морзе 5СТП –2317 Цанга 10х12 СТП 2336, Тара 505-176. Очки О ГОСТ 12.4.013-85 ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-80 Набор щупов №2 ГОСТ 882 Линейка ШП-1-400 ГОСТ 8026	37
010	Слесарная	Верстак слесарный, Тара 505-176. Очки О ГОСТ 12.4.013-85	3
015	Сверлильная	ИР-500МФ4, Приспособление 319-764 Фреза 40х63 0019 ГОСТ 17026 Фреза 125 ВК8 051-1675 Сверло 011-715 Сверло 20,5 2301-0070 ГОСТ 10903-77 Фреза 40 СТП 406-1413-78, Фреза 63 053-204 Резец 12х12х50 СТП 1172 Сверло 8,5 0020 ГОСТ 10903 Сверло 5 6173 ГОСТ 10902, Зенковка 31,5 Прибор для выверки 160-378 Оправка 222-422, Втулка 222-209 (4 шт.) Втулка 5 СТП 2313, Втулка 222-208-01. Втулка 222-209 Очки О ГОСТ 12.4.001-80	

Продолжение таблицы 1.8

1	3	3	4
		Пробка ПР М16х1,5-7Н СТП 406-4307-82 Шаблон 30° СТП 406-4323-75 Пробка ПР М10х1,5-7Н СТП 406-4307-82 Калибр соосности [150-1278]. Шаблон 45° СТП 406-4323-75 Пробка 80Н9 ПР СТП 406-4308-76 Пробка 80Н9 НЕ СТП 406-4308-76 Пробка 22Н9 СТП 406-4307-82 ШР 40-400 ГОСТ 164 Штангенглубиномер ШГ 0-160 ГОСТ 162-80. Пробка 85Н12 ПР СТП 406-4308-76. Пробка 85Н12 НЕ СТП 406-4308-76 Штангенутромер [101-984] Штангенциркуль 20-150 СТП 4346 Калибр саосности [150-2312] 2353-0136 ГОСТ 14953-80 Расточной блок [028-1179-05] Резец [005-753-05] Развертка 22Н9 2363-0384 ГОСТ 1672-80. Фреза 46,4 [051-1072]. Развертка 80Н9-45° СТП 406-1322-83. Зенкер 21,7 2320-0534 ГОСТ 12489-71 Сверло 14,5 2301-0048 ГОСТ 10903-77 Фреза 20 [053-268]	
020	Слесарная	Верстак слесарный	13
025	Фрезарная	ГФ2171С6, Приспособление [319-1037] Фреза 10 2220-0011 ГОСТ 17025, Тара [505-176] Очки О ГОСТ 12.4.013-85 Пробка ПР М6-7Н СТП 406-4307-82 Фаскомер [101-1379]	18

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3	4
030	Слесарная	Верстак слесарный, Тара 505-176 Очки О ГОСТ 12.4.013-85	
035	Сверлильная	2А554, Кондуктор УСП Сверло 8,5 ГОСТ 10903 Развертка К 1/8'' ГОСТ 6226-71 Зенковка 20 ГОСТ 14953 Тара 505-176, Очки О ГОСТ 12.4.013-85 Пробка К 1/8'' СТП 406-4312-76 Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80	4,6
040	Слесарная	Верстак слесарный Метчик М10-7Н НЗ 2620-1135 ГОСТ 3266 Метчик М16-7Н НЗ 2620-1610 ГОСТ 3266 Пробка ПР М6-7Н 8221-0030 ГОСТ 17756-72 Пробка НЕ М6-7Н 8221-1030 ГОСТ 17757-72 Пробка ПР М10-7Н 8221-0030 ГОСТ 17756-72 Пробка Р-Р К ¹ / ₈ СТП 4212 Машина шлифовальная ИП 2009А ГОСТ 12634, Тара 505-176 Очки О ГОСТ 12.4.013-85	13,6
045	Покрытие	Покрытие по технологии ОГТ	

В качестве заготовки в базовом технологическом процессе используется отливка 1-го класса. Необходимо пересмотреть способ получения заготовки и возможности уменьшения припусков.

Изменение маршрута обработки позволит уменьшить общее время обработки и повысить экономический эффект.

При обработке применяются универсальные станки, что допустимо при мелкосерийном производстве, но при разработке дипломного проекта их необходимо заменить более производительным оборудованием.

Широко применяются универсальные инструмент, оснастка и приспособления. Их замена специальными приспособлениями повысит производительность и снизит затраты на производство.

Обозначение полей допусков, отклонений формы и расположения

поверхностей соответствуют требованиям оформления конструкторской документации. Следует заменить устаревшее обозначение шероховатостей, разрезов и выносных элементов.

1.1.7 Наименование и область применения разработки

Тема представленной выпускной квалификационной работы
«Разработка группового технологического процесса изготовления корпусов пневмоцилиндров раздаточной коробки КС4871»

Целью проектирования является разработка группового технологического процесса механической обработки корпусов пневмоцилиндров.

Групповой технологический процесс – это совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных заготовок группы по общему технологическому маршруту.

Групповой технологический процесс переназначен для совместного изготовления или ремонта группы изделий различной конфигурации в конкретных условиях производства на специализированных рабочих местах.

Все элементарные поверхности деталей могут быть обработаны при неизменной технологической базе, на одних и тех же станках, одинаковыми инструментами, при неизменной последовательности установов и переходов.

Применение прогрессивных режимов резания, специальных наладок уменьшит трудоёмкость изготовления деталей, а, следовательно, уменьшит их себестоимость и повысит технико-экономические показатели.

Деталям присвоены следующие номера:

КС-4372.104.10.003– ФЮРА. 300.088.002

КС-4372.104.20.003– ФЮРА. 300.088.003

Деталь-представитель: КС-4372.104.30.003– ФЮРА. 300.088.001

1.1.8 Основание для разработки

Основанием для разработки выпускной квалификационной работы служит задание на проектирование группового технологического процесса изготовления деталей схожих по технологическим признакам и его технико-экономическое обоснование. Проектируемый технологический процесс устранил многообразие технологических процессов обоснованным сведением их к одному, по которому будет выполняться механическая обработка корпусов.

1.1.9 Поиск оптимального решения проектной задачи

При разработке технологических процессов машиностроительного производства перед технологом возникает задача выбора из нескольких вариантов обработки один, обеспечивающий наиболее экономичное решение, тем более что современные способы механической обработки,

большое разнообразие станков, новые методы обработки и получения заготовок способствуют расширению числа вариантов.

Намечая технологический маршрут обработки деталей, следует придерживаться правил:

- с целью экономии труда и времени на технологическую подготовку производства использовать типовые процессы обработки деталей;
- использовать по возможности стандартный режущий и мерительный инструмент;
- стремиться применять наиболее современные формы организации труда, групповые технологические процессы;
- обрабатывать наибольшее количество поверхностей за одну установку детали;
- правильность установки последовательности операций процесса для достижения заданной точности детали;
- соответствие режимов резания нормативам.

Предлагаемый технологический процесс является наиболее приемлемым вариантом решения проектной задачи для данной серийности. Предлагается применить групповой технологический процесс, который даёт возможность значительно сократить время на переналадку оборудования, обеспечивающие стабильность качества, применить приспособления, технологические оснастки, спроектированные для группы деталей. Применив групповой технологический процесс, искусственно повысили серийность.

1.2 Технологическое проектирование

1.2.1 Выбор заготовки и метода её изготовления

При выборе заготовки для заданной детали используем чертеж готовой детали, результаты анализа её служебного назначения и технических требований, программы выпуска и величины серии, данного серийного типа производства и самое главное экономичности изготовления.

Исходя из необходимости максимального приближения формы и размеров заготовки к параметрам готовой детали, следует применять прогрессивные методы и способы получения заготовок.

При выборе вида заготовки и методов её изготовления рассматриваются два альтернативных варианта. В первом случае заготовка получается литьем в песчано-глинистые формы с ручной формовкой, а во втором литьем в песчано-глинистые формы с машинной формовкой.

Используя рекомендации, проектируем заготовку и рассчитываем технологическую себестоимость детали для обоих случаев.

Заготовка, получаемая литьем в песчано-глинистые формы с ручной формовкой

Материал – Чугун СЧ20 ГОСТ 1412-85,

Класс размерной точности – 10,

Степень коробления элементов отливок – 6,

Степень точности поверхности – 14,

Шероховатость – Ra=12,5,

Ряд припусков – 6,

Масса детали – 7,52кг.

Заготовку проектируем по ГОСТ 26645-85.

Находим основные припуски на размеры отливки.

Таблица 1.8 Допуски формы и общие допуски

Размеры детали	Шероховатость поверхности Ra	Допуск размеров отливки	Допуски формы и расположения	Общие допуски
мм	мкм	мм	мм	мм
Ø80H9	1,25	2,8	0,4	3,2
290±0,5	3,2	4	1	4
290±0,5	12,5	4	1	4
102±0,5	6,3	3,2	0,4	3,2
102±0,5	3,2	3,2	0,4	3,2
16±1	12,5	1,8	0,4	2

Таблица 1.9 Основной припуск

Размеры детали	Шероховатость поверхности Ra	Основной припуск
мм	мкм	мм
Ø80H9	1,25	4
290±1	3,2	2,9
290±1	12,5	4,3
102±0,5	6,3	3,4
102±0,5	3,2	2,5
16±1	12,5	1,8

Таблица 1.10 Размеры детали и отливки

Размеры Детали	Размеры отливки
мм	мм
Ø80H9	Ø72
290±0,1	297,2
102±0,5	107,9
16±1	17,8

Находим дополнительные припуски.

Минимальная величина радиусов закругления: r = 4 мм.

Литейные уклоны:

-наружных поверхностей– 3°;

-внутренних поверхностей - 0,5°.

Допуски на радиусы: R4^{+1,5}

Определим массу заготовки с помощью персонального компьютера.

$$m_{\text{заг}}=9,58\text{кг.}$$

Определяем коэффициент использования металла:

$$K_{\text{им.}} = m_{\text{д}} / m_{\text{з}} = 7,52 / 9,58 = 0,78, \quad (1.3)$$

где $m_{\text{д}}$ – масса детали, кг;

$m_{\text{заг}}$ – масса заготовки, кг;

Заготовка, получаемая литьём в песчано-глинистые формы с машиной формовкой.

Все допуски и припуски на заготовку аналогичны с первым методом, указаны выше.

Оценка экономической эффективности заготовки

Выбор варианта производства заготовок производим по технологической себестоимости заготовок:

$$S_{\text{Т}} = \frac{G_{\text{д}}}{K_{\text{им}}} \cdot [C_{\text{заг}} + C_{\text{с}} (1 - K_{\text{им1}})], \text{ руб}$$

где $G_{\text{д}}$ – масса детали, кг;

$C_{\text{заг}}$ – удельная стоимость материала заготовки, руб./кг;

$C_{\text{с}}$ – средняя по машиностроению стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке, руб./кг

$C_{\text{заг}} = 36 \text{ руб}$ – стоимость 1 кг чугуна СЧ20 ГОСТ 1412-85

Средняя по машиностроению стоимость срезания одного килограмма стружки при механической обработке составляет:

$$C_{\text{с}} = 2,58 \text{ руб./кг}$$

Литье в песчано-глинистые формы с ручной формовкой:

$$S_{\text{Т1}} = (7,52/0,78) \cdot (36 + 2,58(1 - 0,78)) = 352,55 \text{ руб}$$

Литье в песчано-глинистые формы с машинной формовкой:

$$S_{\text{Т1}} = (7,52/0,78) \cdot (25 + 2,58(1 - 0,78)) = 342,9 \text{ руб}$$

Определим экономический эффект:

$$\text{Э} = (S_{\text{Т1}} - S_{\text{Т1}}) \cdot N = (352,55 - 342,9) \cdot 1000 = 9641,85 \text{ руб.}$$

Учитывая этот экономический эффект, в качестве заготовки выбираем заготовку, полученную литьем в песчано-глинистые формы с машинной формовкой.

1.2.2 Выбор технологических баз

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров поверхностей, полученных в процессе обработки, выбор режущего и мерительного инструмента, станочных приспособлений, производительность обработки.

005 Вертикально-фрезерная

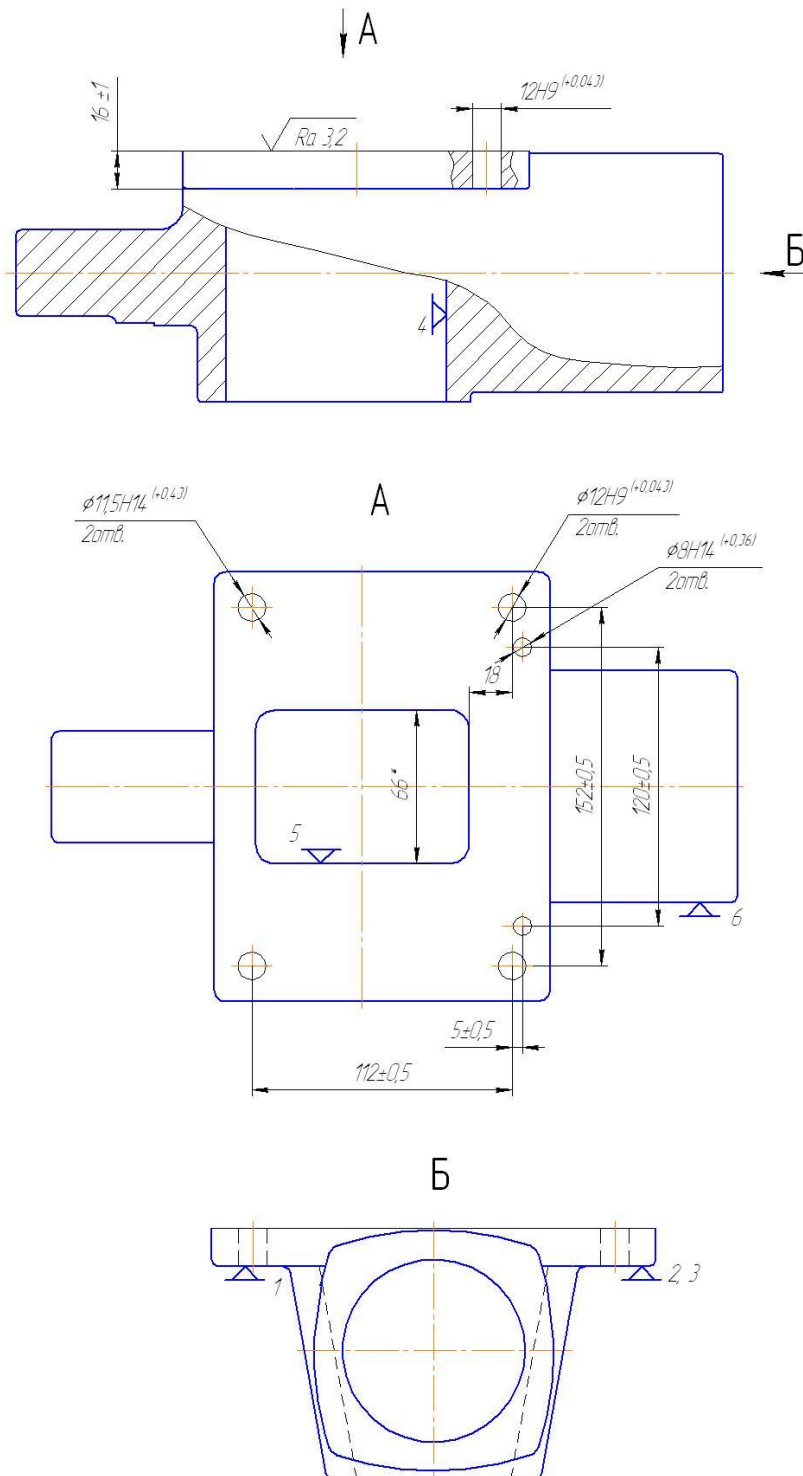


Рисунок 2 Схема базирования для 005 операции

Базирование осуществляется на плоскость и два отверстия диаметром 12H9, на цилиндрический и ромбический пальцы, в специальное приспособление. Погрешность базирования на диаметр отверстия $E_6=0$, т.к. оно получается от мерного инструмента

010 Сверильно-фрезерно-расточная.

Позиция 1

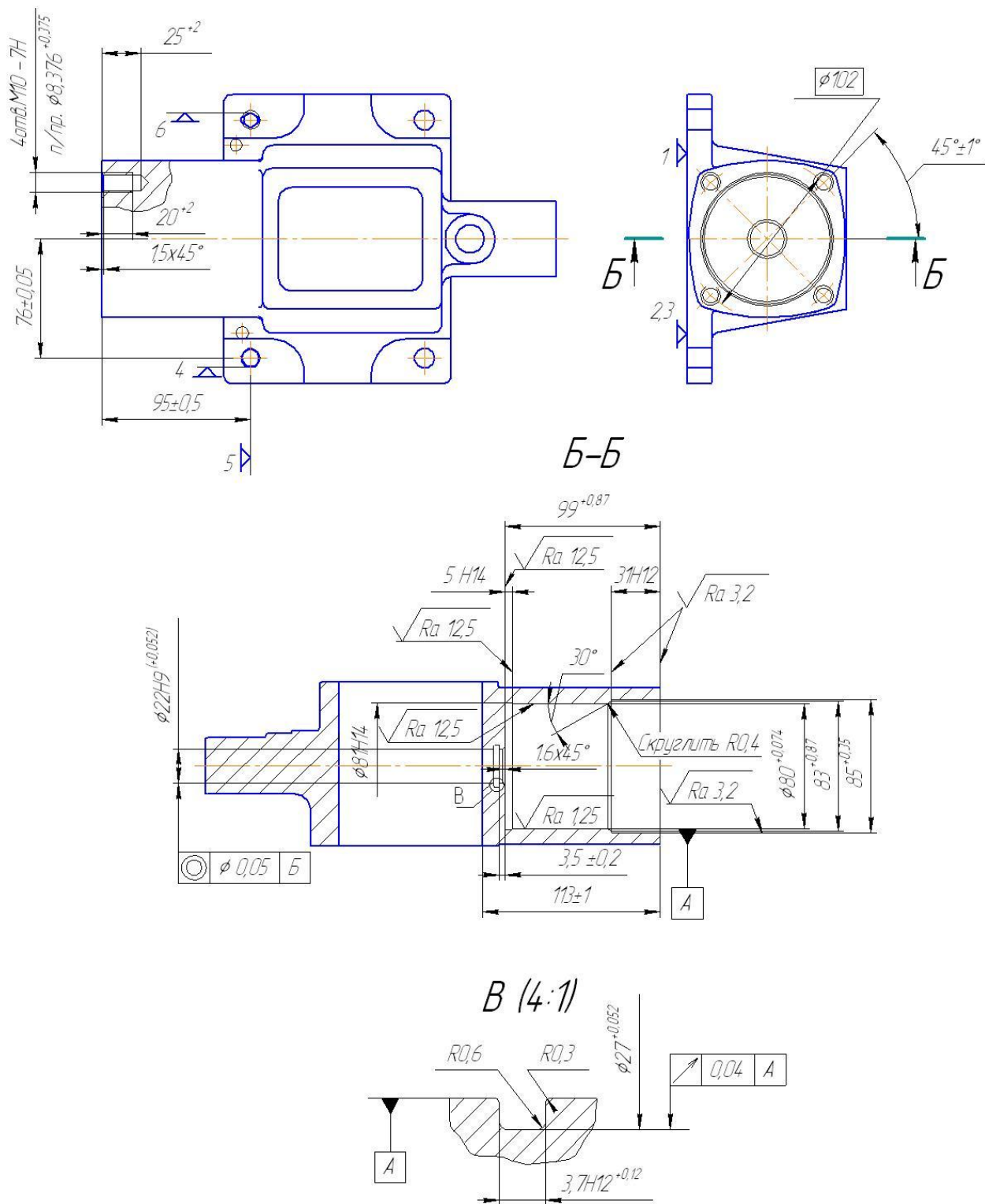


Рисунок 3 Схема базирования для 010 операции позиция 1

Позиция 2

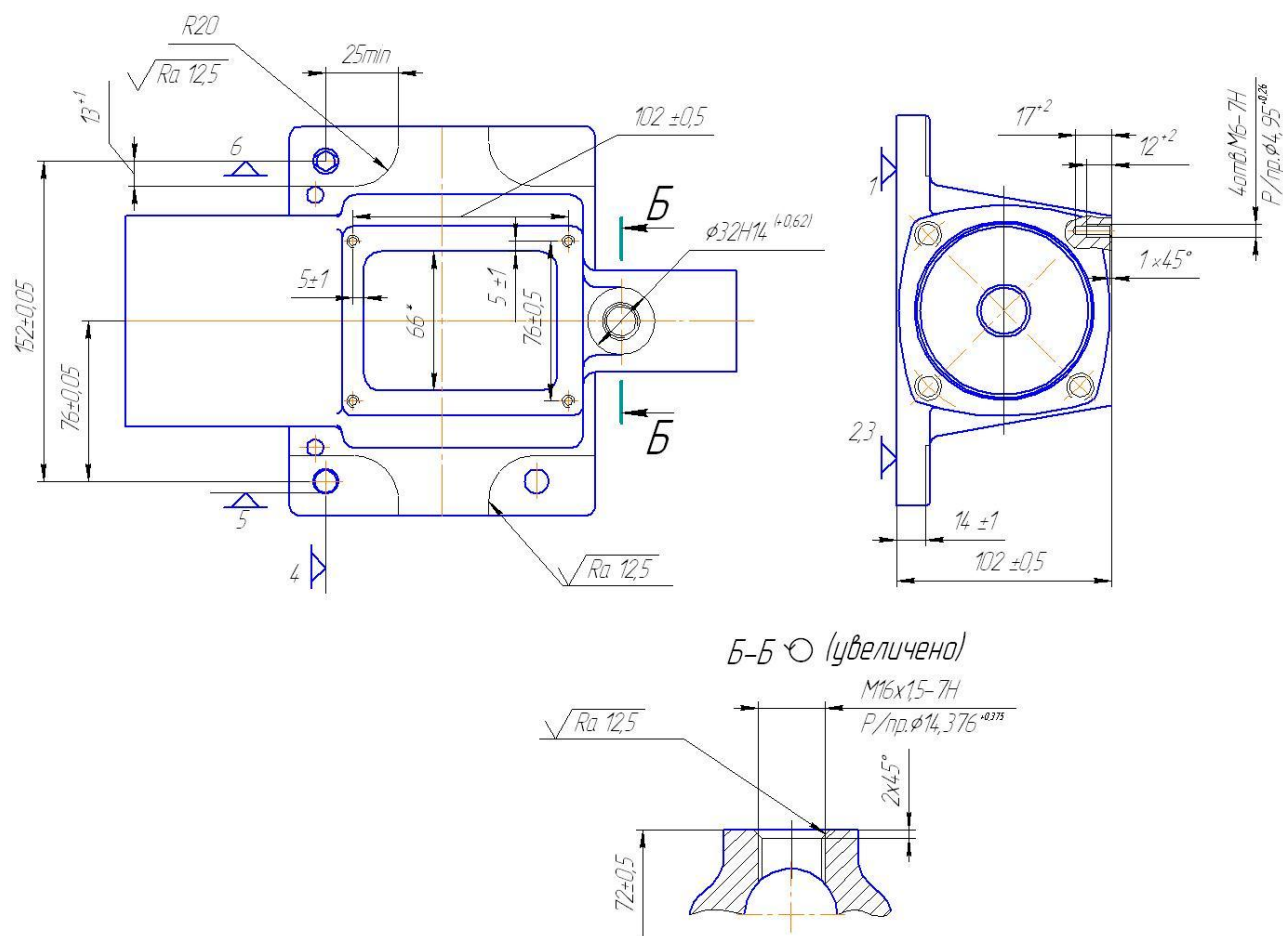


Рисунок 4 Схема базирования для 010 операции позиция 2

Позиция 3

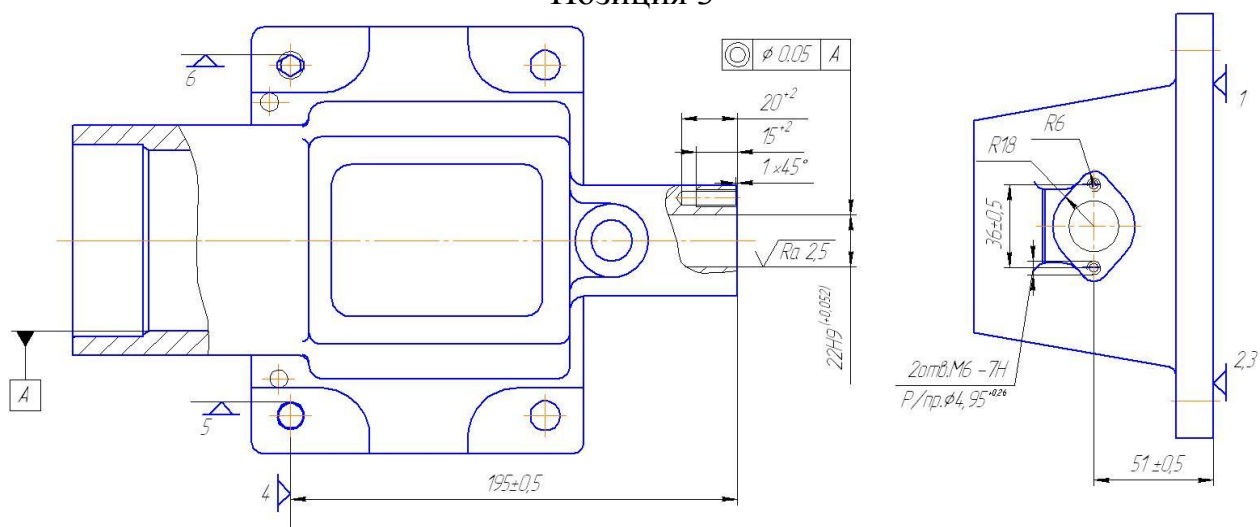


Рисунок 5 Схема базирования для 010 операции позиция 3

015 Вертикально-сверлильная

Базирование осуществляется на плоскость и, на цилиндрический и ромбический пальцы. диаметром 12Н9 Погрешность базирования на диаметр отверстия $E_b=0$, т.к. оно получается от мерного инструмента

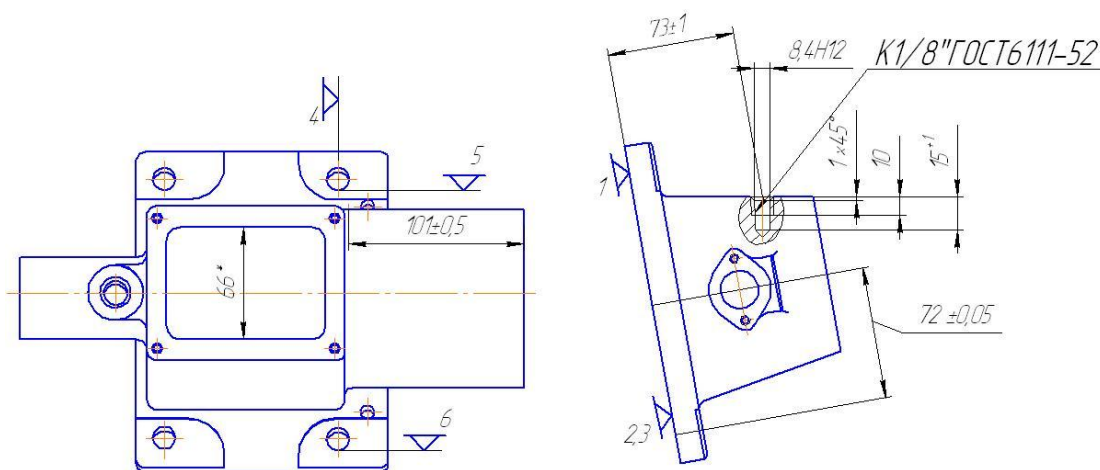


Рисунок 6 Схема базирования для 015 операции

020 Вертикально-фрезерная

Базирование как на операции 005.

1.2.3 Составление технологического маршрута обработки

Структура процесса механической обработки корпуса представлена в таблице 1.12.

Таблица 1.12 Технологический процесс механической обработки корпуса

Операция	Наименование и содержание операции	Оборудование
1	2	3
005	Переход 1: Фрезеровать поверхность в размер $16,4 \pm 1$, на проход Переход 2: Фрезеровать поверхность в размер 16 ± 1, на проход Переход 3: Центровать 6 отверстий $\varnothing 4H4$, на длину $2 \pm 0,5$ Переход 4: Сверлить 4 отверстия $\varnothing 11,5H14$, на проход Переход 5: Сверлить 2 отверстия $\varnothing 8H12$, на проход Переход 6: Зенкеровать 2 отверстия $\varnothing 11,96H10$	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ. ГФ2171С6

Продолжение таблицы 1.12

1	2	3
10	Позиция 1 Переход 1: Фрезеровать торец в размер $95 \pm 0,5$, на проход Переход 2: Фрезеровать торец в размер $99^{+0,87}$ Переход 3: Центровать 5 отверстия $\varnothing 4H14$, на длину $2 \pm 0,5$ Переход 4: Сверлить отверстие $\varnothing 20H12$, на проход Переход 5: Сверлить 4 отверстия $\varnothing 8,5H12$, на длину 25^{+2} Переход 6: Расточить отверстие $\varnothing 79,6H12$, на длину $99 \pm 0,5$ Переход 7: Расточить отверстие $\varnothing 85 H12$ на длину $31 H12$ с образованием фаски 30° Переход 8: Расточить отверстие $\varnothing 80H9$, на длину 64^{+1} и обеспечить радиус $R0,4$ Переход 9: Фрезеровать канавку $5H14$ в размер $\varnothing 81H14$ Переход 10: Зенкеровать отверстие $\varnothing 21,8H10$, на проход Переход 11: Зенковать фаску в размер $1,6 \times 45^0$ Переход 12: Зенковать фаску в размер $1,5 \times 45^0$ Переход 13: Развернуть отверстие $\varnothing 22H9$, на проход Переход 14: Расточить канавку $3,7H12$ в размер $\varnothing 27H9$ и обеспечить радиус $R0,3$ Переход 15: Нарезать резьбу $M10-7H$, на длину 20^{+2}, 4 отверстия	Сверлильно-фрезерно-расточной станок с ЧПУ ИР500МФ4

Продолжение таблицы 1.12

1	2	3
	Позиция 2 Переход 1: Фрезеровать поверхность в размер $102\pm 0,5$, на проход Переход 2: Фрезеровать поверхность в размер $72\pm 0,5$, $\varnothing 32H14$ Переход 3: Фрезеровать 4 поверхности R20 в размер 14 ± 1 Переход 4: Центровать 5 отверстий $\varnothing 4H14$, на длину $2\pm 0,5$ Переход 5: Сверлить 4 отверстия $\varnothing 5H12$, на длину 17^{+2} Переход 6: Сверлить отверстие $\varnothing 14,5H12$, на длину 10^{+2} Переход 7: Зенковать фаску в размер 2×45^0 Переход 8: Нарезать резьбу M6-7H, на длину 12^{+2}, 4 отверстия Переход 9: Зенковать фаску в размер 1×45^0 Переход 10: Нарезать резьбу M6$\times$1,5-7H, на длину 12^{+1} Позиция 3 Переход 1: Фрезеровать торец в размер $195\pm 0,5$, на проход Переход 2: Центровать 3 отверстий $\varnothing 4H14$, на длину $2\pm 0,5$ Переход 3: Сверлить отверстие $\varnothing 20H12$, на проход Переход 4: Зенкеровать отверстие $\varnothing 21,8H10$, на проход Переход 5: Развернуть отверстие $\varnothing 22H9$, на проход Переход 6: Сверлить 2 отверстия $\varnothing 5H12$, на длину 20^{+2} Переход 7: Зенковать 2 фаски в размер 1×45^0 Переход 8: Нарезать резьбу M6$\times$1,5-7H, на длину 15^{+2}, 2 отверстия	

1.2.4 Выбор оборудования

Таблица 1.13 Вертикально-фрезерный станок модели ГФ2171С6

Технические характеристики	Значение
1	2
Размеры рабочей поверхности стола (ширина × длина)	400×1600
Наибольшие перемещения стола:	
продольное	1000
поперечное	300
вертикальное	420
Количество Т-образных пазов	3
Ширина пазов по ГОСТ 1574–75, мм	
центральный	18Н8
крайние	18Н12
Расстояние между пазами, мм	100
Конус отверстия в шпинделе	7:24
Наибольший крутящий момент на шпинделе, кН·м	0,615
Ёмкость инструментального магазина, шт	12
Порядок выбора инструмента	Произв.
Время смены инструмента, с.	20
Внутренний конус шпинделя (конусность 7:24)	50
Число скоростей шпинделя	18
Число подач стола	18
Частота вращения шпинделя, об/мин	50–2500
Подача стола, мм/мин	3 – 3000
Мощность электродвигателя, кВт	11
Габаритные размеры	
длина, мм	3660
ширина, мм	4200
высота, мм	2850
Масса (без выносного оборудования), кг	6500

Таблица 1.14 Сверлильно-фрезерно-расточной станок с ЧПУ модели ИР-500МФ4

Технические характеристики	Значение
Размеры рабочей поверхности стола (ширина × длина)	500×500
Расстояние от оси шпинделя до рабочей поверхности стола	0-500
Расстояние от торца шпинделя до центра стола и до рабочей поверхности стола	120-620
Конус отверстия в шпинделе	7:24
Наибольший крутящий момент на шпинделе, кН·м	0,615
Вместимость инструментального магазина, шт	30

Продолжение таблицы 1.14

1	2
Наибольшая масса обработки заготовки, кг	700
Наибольший диаметр инструмента, загруженного в магазин	
без пропуска гнёзд	125
с пропуском гнёзд	160
Наибольшее перемещение стола	
продольное, мм.	500
поперечное, мм.	800
вертикальное, мм.	500
Внутренний конус шпинделя (конусность 7:24) по ГОСТ 15945-82	50
Число степеней вращения шпинделя	89
Частота вращения шпинделя, об/мин	21,2–3000
Число рабочих подач	Б/с
Скорость быстрого перемещения (стола и шпиндельной бабки), мм/мин	8000-10000
Наибольшая сила подачи стола, МН	10
Мощность электродвигателя, кВт	14
Габаритные размеры (длина×ширина×высота)	
Длина, мм	4450
Ширина, мм	4655
Высота, мм	3100
Масса, кг	11370

Таблица 1.15 Радиально -сверлильный станок модели 2А554

Диаметр сверления в стали, мм	50
Диаметр сверления в чугуне, мм	63
Крутящий момент шпинделя, нм	710
Осевое усилие на шпинделе, н	20000
Мощность главного двигателя, кВт	5,5
Осевое перемещение шпинделя, мм	400
Перемещение головки по рукаву, мм	1225
Перемещение рукава по колонне, мм	750
Вращение рукава вокруг колонны, грд	360
Частота вращения шпинделя, об/мин	18-2000
Количество частот вращения шпинделя	24
Подачи шпинделя на оборот, мм/об	0,045-5,0
Количество подач шпинделя	24
Конус шпинделя	МК5
Длина, мм	2665
Ширина, мм	1030

Продолжение таблицы 1.15

1	2
Высота, мм	3430
Вес, кг	470

1.2.5 Выбор технологической оснастки

005 Вертикально-фрезерная

Приспособление: ФЮРА.340084.005СБ

Режущий инструмент: фреза 200ВК8 ГОСТ22085-76, пластина 10153-110416 ГОСТ 19065-73, фреза 200 ВК6 ГОСТ 22085-76, пластина 10114-110416 ГОСТ 19065-73, сверло 035-2317-0102 ОСТ 2И20-5-80, Сверло 11,5 СТП 406-1201-73, развёртка 2363-0072 Н9 ГОСТ 1672-80. Вспомогательный инструмент: оправка 6222-0097 ГОСТ 26541-85-2 шт, патрон 2-50-90 ГОСТ 26539-85, втулка 6100-0201 ГОСТ 13598-85, втулка 6100-0202 ГОСТ 13598-85, патрон 6251-0184 ГОСТ 14077-83. Мерительный инструмент: штангенциркуль Шц 1-125-0,1 ГОСТ 166-80, Шц 2-160-0,05 ГОСТ 166-80, Шц 2-250-0,05 ГОСТ 166-80, пробка 12Н9 СТП 406-4307-82.

010 Сверлильно-фрезерно-расточная

Приспособление: ФЮРА.340084.006СБ

Режущий инструмент: фреза 200 ВК8 ГОСТ 22085-76, Пластина 10153-110416 ГОСТ 19065-73, фреза 50 ГОСТ 20537-75, пластина 01113-110302 ТУ 48-19-307-87, оправка Ø79,5Н12, оправка Ø85Н12, оправка Ø80Н9, сверло 035-2317-01102 ОСТ 2И20-5-80, сверло 2300-0200 ГОСТ 10903-77, сверло 2300-6173 ГОСТ 10903-77, сверло 14,5 СТП 406-1201-73, сверло 20 ВК8 ГОСТ 6647-64, зенковка 31,5 2353-0136 ГОСТ 14953-80, зенковка 20 2353-0134 ГОСТ 14953-80, зенкер 2320-0044 ГОСТ 3231-71, развёртка 22Н9 2363-2063 ГОСТ 11175-80, метчик 2620-1453 3 ГОСТ 3266-81, метчик 2620-1609 3 ГОСТ 3266-81, щетка Е 60 ТУ 191-61.

Вспомогательный инструмент: оправка 6222-0102 ГОСТ 26541-85, оправка 191421256 ТУ 2-035-774-80 – 2 шт., патрон 2-50-90 ГОСТ 26539-85 – 3шт., втулка 6100-0201 ГОСТ 13598-85 – 6 шт., втулка 6100-0202 ГОСТ 13598-85 – 2 шт., втулка 6142-0183 ГОСТ 22628-77, втулка 6142-0185 ГОСТ 22628-77, втулка 6142-0189 ГОСТ 22628-77, патрон 6251-0188 ГОСТ 14077-83.

Мерительный инструмент: Шц 1-125-0,1 ГОСТ 166-80, Шц 2-250-0,05 ГОСТ 166-80, Шц 2-400-0,1 ГОСТ 166-80, Шг-160 ГОСТ 162-80, шаблон 30⁰ СТП 406-4323-75, нутромер 81Н14, нутромер 27Н9, пластина 3,7Н12 ПР, пластина 3,7Н12 НЕ, пробка ПР 80Н9 СТП 406-4308-76, пробка НЕ 80Н9 СТП 406-4308-76, пробка 22Н9 СТП 406-4307-82, пробка ПР М16×1,5-7Н СТП 406-4307-82, пробка ПР М16-6Н 8221-0068 ГОСТ 17756-72, пробка НЕ М16-7Н 8221-1068 ГОСТ 17757-

72, пробка Д_{вн} М16-7Н, пробка ПР М10-7Н, пробка ПР М10-6Н 8221-0044, пробка НЕ М10-7Н 8221-1044 ГОСТ 17757-72, пробка Д_{вн} М10-7Н СТП 406-4307-82, пробка ПР М6-7Н СТП 406-4307-82, пробка ПР М6-6Н 8221-0030 ГОСТ 17756-72, пробка НЕ М6-7Н 8221-1030 ГОСТ 17757-72, пробка Д_{вн} М6-7Н СТП 406-4307-82, фаскомер, калибр соосности.

015 Радиально-сверлильная

Приспособление: кондуктор.

Режущий инструмент: сверло 035-2317-01102 ГОСТ 2И20-5-80, сверло 2300-0199 ГОСТ 10902-77, развёртка К1/8" 2373-0032 ГОСТ 6226-71, зенковка 20 2353-0134 ГОСТ 14953-80.

Вспомогательный инструмент: патрон 2-50-90 ГОСТ 26539-85 – 2 шт., втулка 6100-0201 ГОСТ 13598-85

Мерительный инструмент: Шц 1-125-0,1 ГОСТ 166-8, пробка К1/8" СТП 406-43-76, пробка К1/8" СТП 406-4212-77, фаскомер.

020 Вертикально-фрезерная

Приспособление: ФЮРА.340084.005

Режущий инструмент: фреза 12 ГОСТ 18372-73

Вспомогательный инструмент: патрон 6251-0184 ГОСТ 14077-83, втулка 6100-0201 ГОСТ 13598-85

Мерительный инструмент: пробка 13Н14 СТП 406-4307-82, пластина 1 3Н14 СТП 406-4313-75.

025 Слесарная

Верстак слесарный

1.3 Инженерные расчеты

1.3.1 Расчёт припусков

Рассчитываем припуск наиболее точной поверхности аналитическим методом.

Таблица 1.16 Последовательность переходов

$\varnothing 80H9_{(0)}^{+0,074}$	Квалитет точности	Высота неровностей профиля Rz, мкм	Глубина дефектного поверхностного слоя h, мкм.
Отливка	14кв.	Rz250	h=250
Растачивание черновое	12кв.	Rz250	h=50
Растачивание чистовое	9кв.	Rz25	-

h – глубина дефектного поверхностного слоя, мкм.

R_z – высота неровностей профиля, мкм.

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки

$$P_3 = \sqrt{P_{\text{кор}}^2 + P_{\text{см}}^2}, \quad (1.4)$$

Величину коробления отверстия следует учитывать как в диаметральном, так и в осевом сечении:

$$P_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k \times d)^2 + (\Delta_k \times l)^2}, \quad (1.5)$$

$\Delta_k = 1$ – величина удельного коробления для отливок;

$d = 80$ мм – диаметр обрабатываемого отверстия;

$l = 99$ мм – длина обрабатываемого отверстия.

$$P_{\text{кор}} = \sqrt{(1 \times 80)^2 + (1 \times 99)^2} = 128 \text{ мкм.}$$

Учитывая, что суммарное смещение отверстия в отливке относительно наружной её поверхности представляет геометрическую сумму в двух взаимно перпендикулярных плоскостях:

$$P_{\text{кор}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_A}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_B}{2}\right)^2}, \quad (1.6)$$

где, δ_A и δ_B – допуски на размеры, определяющие пространственное положение оси отверстия.

$A = 50$ мм; $\delta_A = 400$ мкм;

$B = 51$ мм; $\delta_B = 400$ мкм.

$$P_{\text{кор}} = \sqrt{\left(\frac{400}{2}\right)^2 + \left(\frac{600}{2}\right)^2} = 360 \text{ мкм}$$

Суммарное значение пространственного отклонения заготовки составит:

$$P_3 = \sqrt{128^2 + 360^2} = 382 \text{ мкм.}$$

Остаточная величина пространственного отклонения после предварительной обработки:

$$P_i = K_y \cdot P_{i-1}, \quad (1.7)$$

где K_y – коэффициент уточнения формы;

$K_{y1} = 0,06$ – для чернового растачивания;

$K_{y2} = 0,04$ – для чистового растачивания.

$$P_1 = K_{y1} \cdot P_3 = 0,06 \cdot 382 = 23 \text{ мкм.}$$

$$P_2 = K_{y2} \cdot P_1 = 0,04 \cdot 23 = 0,92 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки E составляет:

$E_1 = 108 \text{ мкм}$ – при черновом растачивании;

$E_2 = 5 \text{ мкм}$ – при чистовом растачивании.

Производим расчет минимальных значений межоперационных припусков:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot \left(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{P_{i-1}^2 + E_i^2} \right), \quad (1.8)$$

где $R_{z_{i-1}}$ – высота неровностей профиля на предшествующем переходе, мкм.

h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе, мкм

E_i – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе, мкм

P_{i-1} – суммарные отклонения расположения поверхностей, мкм.

Минимальный припуск под черновое растачивание:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot \left(250 + 250 + \sqrt{382^2 + 108^2} \right) = 1794 \text{ мкм}$$

Минимальный припуск под чистовое растачивание:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot \left(50 + 50 + \sqrt{23^2 + 5^2} \right) = 247 \text{ мкм}$$

$d_p = 80,074 \text{ мм}$ – для чистового растачивания;

$d_p = 80,074 - 0,247 = 79,827 \text{ мм}$ – для чернового растачивания;

$d_p = 79,827 - 1,794 = 78,033 \text{ мм}$ – максимальный диаметр отверстия в заготовке

Округляем размеры до знака допуска Td :

$d_{\max} = 80,074 \text{ мм}$ – для чистового растачивания;

$d_{\max} = 79,8 \text{ мм}$ – для чернового растачивания;

$d_{\max} = 78,03 \text{ мм}$ – для заготовки.

Определяем минимальный предельный размер вычитанием из максимального размера допуска Td :

$$d_{\min} = d_{\max} - Td \quad (1.9)$$

$d_{\min} = 80,074 - 0,074 = 80 \text{ мм}$ – для чистового растачивания;

$d_{\min} = 79,8 - 0,3 = 79,5 \text{ мм}$ – для чернового растачивания;

$d_{\min} = 78,03 - 0,74 = 77,29 \text{ мм}$ – для заготовки.

Полученные предельные припуски:

$2Z_{\min} = 79,8 - 78,03 = 1,77 \text{ мм}$ – для чернового растачивания;

$2Z_{\min} = 80,074 - 79,8 = 0,274 \text{ мм}$ – для чистового растачивания;

$2Z_{\max} = 79,5 - 77,29 = 2,21 \text{ мм}$ – для чернового растачивания;

$2Z_{\max} = 80 - 79,5 = 0,5 \text{ мм}$ – для чистового растачивания.

Расчет общих припусков:

$Z_{0\min} = 1770 + 274 = 2044 \text{ мкм}$ – общий минимальный припуск;

$Z_{0\max} = 2210 + 500 = 2710 \text{ мкм}$ – общий максимальный припуск.

Проверка правильности расчетов:

$$Z_{0\min} - Z_{0\min} = Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дет}} \quad (1.10)$$

$$2710 - 2044 = 740 - 74;$$

666=666, расчет припусков произведен верно.

Таблица 1.17 Расчёт припуска на размер $\varnothing 80\text{H9}$

Технологический переход обработки поверхности	Элементы припуска, мкм.				Мин. припуск $Z_{\min}$, мкм.	Расчетный минимальный размер, мм	Допуск Td , мкм.	Предельные размеры, мм.		Предельные значения припусков, мкм.	
	Rz	h	Δ_{Σ}	ϵ				min	max	$Z_{\min}$	$Z_{\max}$
Заготовка-отливка	250		382	1	1	77,29	740	77,29	78,03	1	1
Растачивание черновое	50	50	23	108	1794	79,5	300	79,5	79,8	1770	2210
Растачивание чистовое	25	1	1	5	247	80	74	80	80,074	274	500

1.2.6 Расчёт режимов резания

Операция 005 Вертикально-фрезерная.

Переход 1: Фрезеровать плоскость с обеспечением размера $16,4 \pm 1$ на проход.

Инструмент: фреза 200 ГОСТ 22085-76

Материал режущей части ВК8

Черновое фрезерование

Глубина фрезерования: $t = 1,4$ мм;

Ширина фрезерования: $B = 145$ мм;

Диаметр фрезы: $D = 200$ мм.

Подача на один зуб фрезы:

$$S_z = 0,25 \text{ мм.}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v, \quad (1.11)$$

$C_v = 332$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,2$;

$T = 240$ мин. – период стойкости инструмента;

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{NV}; \quad (1.12)$$

где $K_{MV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}$, – коэффициент на обрабатываемый материал

$$n_v = 1,25$$

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{200} \right)^{1,25} = 0,938$$

$K_{PV} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки

$K_{NV} = 0,83$ – коэффициент на инструментальный материал;

$$K_v = 0,938 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,623$$

$$V = \frac{445 \cdot 200^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 1,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,35} \cdot 145^{0,2}} \cdot 0,623 = 79,05 \text{ м/мин};$$

$$n_{фр} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 79,05}{3,14 \cdot 200} = 125,8 \text{ об/мин};$$

Принимаем $n_{ст} = 125$ об/мин.

$$V_{факт.} = \frac{n_{ст} \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{125 \cdot 3,14 \cdot 200}{1000} = 78,54 \text{ м/мин}$$

Сила резания:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B_z^n}{D^q n^w} K_{\text{мр}}; \quad (1.13)$$

$C_p = 54$; $x = 0,9$; $y = 0,74$; $u = 1$; $q = 1$; $w = 0$

$z = 12$ – число зубьев фрезы.

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n; \text{ где } n = 1;$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{200}{190} \right)^1 = 1,05;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54 \cdot 1,4^{0,9} \cdot 0,25^{0,74} \cdot 145^1 \cdot 12}{200^1 \cdot 100^0} \cdot 1,05 = 2423 \text{ Н};$$

Крутящий момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000}; \quad (1.14)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{2423 \cdot 200}{2000} = 242 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}; \quad (1.15)$$

$$N_e = \frac{2423 \cdot 78,54}{1020 \cdot 60} = 3,11 \text{ кВт}$$

Проверка на достаточность привода станка:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}},$$

где $N_{\text{шп}}$ – мощность привода станка;

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{ст}} \cdot \eta, \quad N_{\text{ст}} = 11 \text{ кВт},$$

$\eta = 0,85$ – КПД привода;

$$N_{\text{шп}} = 9,35 \text{ кВт}.$$

$$3,11 < 9,35.$$

Подача на оборот фрезы:

$$S = S_z \cdot z = 0,25 \cdot 12 = 3 \text{ мм/об}.$$

Минутная подача:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n_{\text{ст}} = 0,25 \cdot 12 \cdot 125 = 375 \text{ мм/мин}.$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х}}}{S_m} \cdot i; \quad (1.16)$$

$$L_{\text{р.х}} = L_{\text{рез}} + L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}}; \quad (1.17)$$

$$L_{\text{вр}} + L_{\text{пер}} = 34$$

$$L_{\text{р.х}} = 185 + 34 = 219 \text{ мм};$$

$$T_0 = \frac{219}{375} \cdot 1 = 0,584 \text{ мин.}$$

Переход 2: Фрезеровать плоскость с обеспечением размера 16 ± 1 на проход.

Инструмент: фреза 200 ГОСТ 22085-76

Материал режущей части ВК6

Чистовое фрезерование

Глубина фрезерования: $t = 0,4 \text{ мм};$

Ширина фрезерования: $B = 145 \text{ мм};$

Диаметр фрезы: $D = 200 \text{ мм}.$

Подача на оборот фрезы: $S = 0,7 \text{ мм/об}$

$$S_z = 0,25 \text{ мм.}; S = S_z \cdot z = 0,25 \cdot 12 = 3 \text{ мм/об}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v,$$

Где $C_v = 332$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,2$;

$T = 240 \text{ мин.}$ – период стойкости инструмента;

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания: $K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}$;

где $K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}$ – коэффициент на обрабатываемый материал

$$n_v = 1,25$$

$$K_{mv} = \left(\frac{170}{200} \right)^{1,25} = 0,816.$$

$K_{pv} = 1$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки

$K_{iv} = 0,83$ – коэффициент на инструментальный материал;

$$K_v = 0,816 \cdot 1 \cdot 0,83 = 0,677.$$

$$V = \frac{445 \cdot 200^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,06^{0,35} \cdot 145^{0,2}} \cdot 0,677 = 170,8 \text{ м/мин};$$

$$n_{\text{фр}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 170,8}{3,14 \cdot 200} = 271,9 \text{ об/мин};$$

Принимаем $n_{\text{ст}} = 250 \text{ об/мин}.$

$$V_{\text{фактич.}} = \frac{n_{\text{ст}} \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{250 \cdot 3,14 \cdot 200}{1000} = 157 \text{ м/мин};$$

Сила резания:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u}{D^n w} K_{mp},$$

где $C_p = 54$; $x = 0,9$; $y = 0,74$; $u = 1$; $q = 1$; $w = 0$
 $z = 12$ – число зубьев фрезы.

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n; \text{ где } n = 1$$

$$K_{mp} = \left(\frac{170}{190} \right) = 0,89;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54 \cdot 0,7^{0,9} \cdot 0,06^{0,74} \cdot 145 \cdot 12}{200 \cdot 100} \cdot 0,89 = 378,2 \text{ Н};$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000};$$

$$M_{кр} = \frac{378,2 \cdot 200}{2000} = 37,82 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60};$$

$$N_e = \frac{378,2 \cdot 157}{1020 \cdot 60} = 0,97 \text{ кВт}$$

Проверка на достаточность привода станка:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

где $N_{шп}$ – мощность привода станка;

$N_{шп} = N_{ст} \cdot \eta$, $N_{ст} = 11 \text{ кВт}$, $\eta = 0,85$ – КПД привода;

$N_{шп} = 9,35 \text{ кВт}$.

$0,97 < 9,35$.

Условие выполняется

Основное время:

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{S_m} \cdot i;$$

$$L_{p.x} = L_{рез} + L_{вр} + L_{пер};$$

$$L_{вр} + L_{пер} = 34$$

$$L_{p.x} = 185 + 34 = 219 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{219}{180} \cdot 1 = 1,217 \text{ мин}$$

Переход 3: Центровать 6 отверстия $\varnothing 4$, на дину $2 \pm 0,5$.

Инструменты: сверло центровальное Ø4, Р6М5

Глубина резания: $t = 2$ мм.

Подача: $S = 0,12$ мм/об,

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

$C_v = 14,7$; $q = 0,25$; $y = 0,55$; $m = 0,125$;

$T = 15$ мин. – период стойкости инструмента;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}$$

где K_{mv} – коэффициент на обрабатываемый материал

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{p_v}$$

$p_v = 1,3$; 170НВ.

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{170} \right)^{1,3} = 1,16$$

$K_{lv} = 1,0$ – коэффициент, учитывающий глубину сверления;

$K_{iv} = 1,0$ – коэффициент на инструментальный материал;

$$K_v = 1,16 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,16$$

$$V = \frac{14,7 \cdot 4^{0,25}}{15^{0,125} \cdot 0,12^{0,55}} \cdot 1,16 = 55,2 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 19,1}{3,14 \cdot 7} = 4394,9 \text{ об/мин.}$$

Принимаем частоту вращения станка $n_{ст} = 2500$ об/мин.

Действительная скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 2500}{1000} = 31,4 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_P = 10 \cdot 0,012 \cdot 7^{2,2} \cdot 0,12^{0,8} \cdot \left(\frac{170}{190} \right)^{0,6} = 2,4$$

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_P = 10 \cdot 0,012 \cdot 7^{2,2} \cdot 0,12^{0,8} \cdot \left(\frac{170}{190} \right)^{0,6} = 2,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осевая сила:

$$P_O = 10 C_P D^q S^y K_P = 10 \cdot 42 \cdot 7^{1,2} \cdot 0,12^{0,75} \cdot \left(\frac{170}{190} \right)^{0,6} = 1672,1 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{2,4 \cdot 2500}{9750} = 0,61 \text{ кВт.}$$

Проверка на достаточность привода станка:

$$N_{шп} > N_e,$$

$$N_{\text{шт}} = 9,35 \text{ кВт} > 0,61 \text{ кВт}.$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_o} \cdot i,$$

$$L = 6 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{6}{2500 \cdot 0,12} \cdot 6 = 0,12 \text{ мин.}$$

Операция 010 Сверлильно-фрезерно-расточная

Позиция 1

Переход 8: расточить отверстие $\varnothing 80\text{H}9$, на длину 64^{+1}

Материал режущей части ВК6

Глубина фрезерования: $t = 0,25 \text{ мм};$

Подача: $S = 0,1 \text{ мм/об.}$

Скорость резания:

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

$$C_v = 292; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2;$$

$T = 45 \text{ мин.}$ – период стойкости инструмента;

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания: $K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV};$

где $K_{MV} = \left(\frac{190}{\text{HB}} \right)^{n_v}$, – коэффициент на обрабатываемый материал

$$n_v = 1,25$$

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{170} \right)^{1,25} = 1,15$$

$K_{PV} = 1$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки

$K_{IV} = 0,83$ – коэффициент на инструментальный материал;

$$K_v = 1,15 \cdot 1 \cdot 0,83 = 0,95$$

Поправочный коэффициент на скорость резания при растачивании равен 0,9

$$V = \frac{292}{45^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 0,779 \cdot 0,9 = 227,5 \text{ м/мин};$$

$$n_{\text{фр}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 227,5}{3,14 \cdot 80} = 905,6 \text{ об/мин};$$

Принимаем $n_{\text{ст}} = 900 \text{ об/мин.}$

$$V_{\text{факт.}} = \frac{n_{\text{ст}} \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{900 \cdot 3,14 \cdot 80}{1000} = 226,08 \text{ м/мин}$$

Сила резания:

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

$$C_p = 92; x = 1; y = 0,75; n = 0$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n; \text{ где } n = 0,4;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{170}{190} \right)^{0,4} = 0,95$$

$$K_{\phi p} = 0,89; K_{\lambda p} = 1; K_{\gamma p} = 1,1; K_{\tau p} = 0,93$$

$$K_p = 0,95 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,86$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,25 \cdot 1^{0,75} \cdot 0,86 = 35,2 \text{ Н};$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60};$$

$$N_e = \frac{35,2 \cdot 226,08}{1020 \cdot 60} = 0,13 \text{ кВт}.$$

Проверка на достаточность привода станка:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

где $N_{шп}$ – мощность привода станка;

$$N_{шп} = N_{ст} \cdot \eta, N_{ст} = 14 \text{ кВт}, \eta = 0,85 \text{ – КПД привода};$$

$$N_{шп} = 11,9 \text{ кВт}.$$

$$0,11 < 11,9.$$

Основное время:

$$T_0 = \frac{L_{p.x}}{S_M} \times i;$$

$$L_{p.x} = L_{рез} + L_{вр} + L_{пер};$$

$$L_{вр} + L_{пер} = 4$$

$$L_{p.x} = 64 + 4 = 69 \text{ мм};$$

$$T_0 = \frac{69}{900 \cdot 0,1} \cdot 1 = 0,766 \text{ мин}$$

Позиция 2

Переход 5: Сверлить два отверстия Ø5H14;

Инструмент: Сверло Ø5 2301-3047 ГОСТ10903-77;

Глубина резания: $t = 17 \pm 2 \text{ мм}$.

Подача: $S = 0,22 \text{ мм/об}$,

Скорость резания:

$$v = \frac{C_v \times D^q}{T^m \times S^y} \times K_v,$$

где $C_v = 14,7$; $q = 0,25$; $y = 0,55$; $m = 0,125$;

$T = 25 \text{ мин}$. – период стойкости инструмента;

$$K_v = K_{mv} \times K_{iv} \times K_{lv},$$

где K_{mv} – коэффициент на обрабатываемый материал

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}$$

$$n_v = 1,3; 170HB.$$

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{170} \right)^{1,3} = 1,16$$

$K_{IV} = 1,0$ – коэффициент, учитывающий глубину сверления;

$K_{иv} = 1,0$ – коэффициент на инструментальный материал;

$$K_v = 1,16 \cdot 1 \cdot 1,0 = 1,16$$

$$V = \frac{14,7 \cdot 5^{0,25}}{25^{0,125} \cdot 0,22^{0,55}} \cdot 1,16 = 22,1$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,1}{3,14 \cdot 5} = 638,2 \text{ об/мин.}$$

Принимаем частоту вращения станка $n_{ст} = 630$ об/мин.

Минутная подача:

$$S_m = S \cdot n_{ст} = 0,22 \cdot 630 = 138,6 \text{ мм/мин.}$$

Действительная скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 630}{1000} = 21,36 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент:

$$M_{KP} = 10 C_M D^q_s Y_{KP} = 10 \cdot 0,012 \cdot 5^{2,2} \cdot 0,22^{0,8} \cdot \left(\frac{170}{190} \right)^{0,6} = 3,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осевая сила:

$$P_O = 10 C_P D^q_s Y_{KP} = 10 \cdot 42 \cdot 5^{1,2} \cdot 0,22^{0,75} \cdot \left(\frac{170}{190} \right)^{0,6} = 1672,1 \text{ Н}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{KP} \cdot n}{9750} = \frac{3,1 \cdot 630}{9750} = 0,2 \text{ кВт}$$

Проверка на достаточность привода станка:

$$N_{шп} > N_e,$$

$$N_{шп} = 9,35 \text{ кВт} > 0,2 \text{ кВт.}$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_o} \cdot i,$$

$$L = 16 \text{ мм;}$$

$$T_o = \frac{16}{630 \cdot 0,22} \cdot 4 = 0,46 \text{ мин.}$$

Переход 10: нарезать резьбу M16×1,5-7H, на длину 12⁺²

Материал режущей части P6M5

Глубина резания: $t = 0,75$ мм;

Подача: $S = 1,5$ мм/об;

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v;$$

$C_v = 64,8$; $q = 1,2$; $y = 0,5$; $m = 0,9$;

$T = 90$ мин. – период стойкости инструмента;

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания: $K_v = K_{mv} \cdot K_{rv} \cdot K_{iv}$;

где $K_{mv} = 0,5$ – коэффициент на обрабатываемый материал;

$K_{rv} = 1,1$ – коэффициент, учитывающий точность нарезаемой резьбы;

$K_{iv} = 1$ – коэффициент на инструментальный материал;

$K_v = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,55$

$$V = \frac{64,8 \cdot 16^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1,45^{0,5}} \cdot 0,55 = 14,1 \text{ м/мин};$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 14,1}{3,14 \cdot 16} = 281 \text{ об/мин};$$

Принимаем $n_{ст} = 280$ об/мин.

$$V_{\text{фактич.}} = \frac{n_{ст} \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{280 \cdot 3,14 \cdot 16}{1000} = 14,07 \text{ м/мин}$$

Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_P;$$

$P = 1,5$ мм; $C_M = 0,013$; $q = 1,4$; $y = 1,5$;

$K_P = K_{мр} = 1,5$ – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,013 \cdot 16^{1,4} \cdot 1,5^{1,5} \cdot 1,5 = 17,376 \text{ Н·м}$$

Мощность резания:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_{ст}}{9750};$$

$$N_e = \frac{17,376 \cdot 280}{9750} = 0,5 \text{ кВт}$$

Проверка на достаточность привода станка:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

где $N_{шп}$ – мощность привода станка; $N_{шп} = N_{ст} \cdot \eta$, $N_{ст} = 14$ кВт,

$\eta = 0,85$ – КПД привода; $N_{шп} = 11,9$ кВт.

$$0,5 < 11,9;$$

Основное время:

$$T_o = \frac{L_{р.х}}{S_m} \times i$$

$$L_{p.x} = L_{рез} + L_{вр} + L_{пер};$$

$$L_{вр} + L_{пер} = 3P;$$

$$L_{p.x} = 12 + 4,5 = 16,5 \text{ мм};$$

$$T_0 = \frac{16,5}{280 \cdot 1,5} \cdot 1 = 0,039 \text{ мин}$$

Аналогично производим назначение режимов резания для остальных операций, данные заносим в таблицу 1.18

Таблица 1.18 Режимы резания

№ опера ции	Содержание перехода	Режимы резания				T ₀ , мин	
		t, мм	Sмм/зуб	V мм/ми н	n об/ми н		
			Sмм/об				
005	Переход 1: Фрезеровать поверхность в размер 16,4±1, на проход	1,4	0,25	78,54	125	0,584	
	Переход 2: Фрезеровать поверхность в размер 16±1, на проход	0,4	0,25	157	250	1,217	
	Переход 3: Центровать 6 отверстий Ø4Н4, на длину 2±0,5	2		226,08	2500	0,12	
			0,12				
	Переход 5: Сверлить 2 отверстия Ø8Н12, на проход	4		25,13	1000	0,154	
			0,26				
	Переход 6: Зенкеровать 2 отверстия Ø11,96Н10	0,23		6,252	250	0,116	
			1,7				
	Переход 7: Развернуть 2 отверстия Ø12Н9, на проход	0,02		7,917	315	0,092	
			1,7				
	010	Позиция 1	2,9	0,24	85,74	170	0,62
Переход 1: Фрезеровать торец в размер 95±0,5, на проход		2		43,8	278	0,13	
Переход 2: Фрезеровать торец в размер 99 ^{+0,87}							
Переход 3: Центровать 5 отверстия Ø4Н14, на длину 2±0,5		2	0,24	31,4	2500	0,1	
	0,12						

Продолжение таблицы 1.18

1	2	3	4	5	6	7
	Переход 4: Сверлить отверстие Ø20H12, на проход	10		56,53	900	0,365
			0,28			
	Переход 5: Сверлить 4 отверстия Ø8,5H12, на длину 25 ⁺²	4,25		26	1000	0,07
			0,28			
	Переход 6: Расточить отверстие Ø79,6H12, на длину 99±0,5	0,985		132,4	530	0,981
			0,2			
	Переход 7: Расточить отверстие Ø85 H12 на длину 31 H12 с образованием фаски 30°	2,75		106,7	400	0,36
			0,25			
	Переход 8: Расточить отверстие Ø80H9, на длину 64 ⁺¹ и обеспечить радиус R0,4	0,2	0,1	226,08	900	0,766
	Переход 9: Расточить канавку 5H14 в размер Ø81H14	1	0,24	135,84	530	0,03
	Переход 10: Зенкеровать отверстие Ø21,8H10, на проход	0,9	0,6	80,8	1180	0,131
	Переход 11: Зенковать фаску в размер 1,6×45	1,6	1,08	25	315	0,031
	Переход 12: Зенковать фаску в размер 1,5×45	1,5	1,08	25	313	0,031
	Переход 13: Развернуть отверстие Ø22H9, на проход	0,1	1,5	18,3	265	0,083

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3	4	5	6	7
	Переход 15: Нарезать резьбу М10-7Н, на длину 20^{+2} , 4 отверстия	0,75	1,45	7,8	250	0,26
	Позиция 2 Переход 1: Фрезеровать поверхность в размер $102\pm 0,5$, на проход	2,5	0,25	81,64	200	0,61
	Переход 2: Фрезеровать поверхность в размер $72\pm 0,5$, $\varnothing 32H14$	1,2	0,2	42,7	425	0,034
	Переход 3: Фрезеровать 4 уступа R20 в размер 14 ± 1	2	0,2	42,1	335	0,716
	Переход 4: Центровать 5 отверстий $\varnothing 4H14$, на длину $2\pm 0,5$	2	0,12	31,4	2500	0,1
	Переход 5: Сверлить 4 отверстия $\varnothing 5H12$, на длину 17^{+2}	2,5	0,22	22,1	630	0,46
	Переход 6: Сверлить отверстие $\varnothing 14,5H12$, на длину 10^{+2}	7,25	0,39	25,51	560	0,073
	Переход 7: Зенковать фаску в размер 2×45	2	0,8	17,45	350	0,014
	Переход 8: Зенковать 4 фаски в размер 1×45	1	0,4	29	1320	0,028
	Переход 9: Нарезать резьбу М6-7Н, на длину 12^{+2} , 4 отверстия	0,5	0,95	5,28	280	0,216
	Переход 10: Нарезать резьбу М16 $\times$ 1,5-7Н, на длину 10^{+1}	0,75	1,45	14,07	280	0,035
	Позиция 3 Переход 1: Фрезеровать торец в размер $195\pm 0,5$, на проход	4,3	0,25	95,4	200	0,93
	Переход 2: Центровать 3 отверстий $\varnothing 4H14$, на длину $2\pm 0,5$	2	0,12	31,4	2500	0,06

Продолжение таблицы 1.8

1	2	3	4	5	6	7
	Переход 3: Сверлить отверстие Ø20Н12, на проход	10	0,28	56,55	900	0,369
	Переход 4: Зенкеровать отверстие Ø21,8Н10, на проход	0,9	0,6	80,82	1180	0,131
	Переход 5: Развернуть отверстие Ø22Н9, на проход	0,1	1,5	18,32	265	0,26
	Переход 6: Сверлить 2 отверстия Ø5Н12, на длину 20 ⁺²	2,5	0,16	31,42	2000	0,14
	Переход 7: Зенковать 2 фаски в размер 1×450	1	0,4	29,03	1320	0,014
015	Переход 1: Центровать отверстие Ø4Н14, на длину 2±0,5	2	0,12	31,4	2500	0,02
	Переход 2: Сверлить отверстие Ø8,4Н14, на длину 15±1	4,2	0,27	26	1000	0,07
	Переход 3: Развернуть коническое отверстие Ø8,4 ^{+0,2} , на длину 10±1	0,2	1,7	6,88	250	0,07
	Переход 4: Зенковать фаску в размер 1×45	1	0,68	26,8	710	0,012
	Переход 5: Нарезать коническую резьбу К1/8"	0,941	0,85	8,29	250	0,056
020	Переход 1: Фрезеровать 4 паза в размер 13Н14 длиной 25 ⁺¹ , на глубину 15±0,5	3,25		32,67	800	3,2

1.3 Организационное проектирование

1.3.1 Нормирование технологического процесса механической обработки

Норма времени:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n} \text{ мин}, \quad (1.18)$$

где $T_{\text{шт-к}}$ – штучно-калькуляционное время выполнения работ на станках,

мин;

$T_{шт}$ – норма штучного времени, мин;

$T_{п-3}$ – норма подготовительно-заключительного времени, мин.

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_B \cdot K_{тв}) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100} \right) \text{ мин,} \quad (1.19)$$

где $T_{ца} = T_o + T_{мв}$, - время цикла автоматической работы станка по программе, мин.

T_o – основное время на обработку одной детали, мин;

$T_{мв}$ – машинно-вспомогательное время по программе (на подвод детали или инструмента от исходных точек в зоны обработки и отвод; установку инструмента на размер, смену инструмента, изменение величины и направления подачи, время технологических пауз.), мин;

T_B – вспомогательное время, мин;

$K_{тв}$ – поправочный коэффициент вспомогательного времени;

$A_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места, %;

$A_{отд}$ – время на отдых и личные надобности, %.

$$T_B = T_{уст} + T_{опер} + T_{изм} \text{ мин,} \quad (1.20)$$

где $T_{уст}$ – время на установку и снятие детали, мин;

$T_{опер}$ – время, связанное с операцией, мин;

$T_{изм}$ – время на измерение, мин.

$$T_{п-3} = T_{п-31} + T_{п-32} + T_{п-3, обр} \text{ мин,}$$

где $T_{п-31}$ – время на организационную подготовку, мин;

$T_{п-32}$ – время на наладку станка, мин;

$T_{п-3, обр}$ – нормы времени на пробную обработку, мин.

005 Вертикально – фрезерная операция с ЧПУ

Основное время: $T_o = 2,286$ мин;

Время на установку и снятие детали: $t_{уст} = 0,6$ мин

Время, связанное с операцией: $t_{пер} = 3,5$ мин

Время на контрольное измерение: $t_{изм} = 0,68$ мин

Поправочный коэффициент на вспомогательное время: $K_{тв} = 1,32$

$$T_B = 0,6 + 3,5 + 0,68 = 4,78 \text{ мин}$$

$$T_{оп} = 2,286 + 4,78 = 7,066 \text{ мин}$$

Время на организацию и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности составляет 9% $T_{оп}$

Машинно-вспомогательное время по программе: $T_{мв} = 1,5$ мин

Время цикла автоматической работы станка по программе:

$$T_{пу} = 4,578 + 1,5 = 6,078 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = (6,078 + 4,78 \cdot 1,32) \cdot \left(1 + \frac{7,066}{100} \right) = 13,27 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время:

$$T_{пз} = 31 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт-к}} = 13,27 + \frac{31}{48} = 13,92 \text{ мин.}$$

010 Сверлильно-фрезерно-расточная операция с ЧПУ

Основное время: $T_o = 3,978$ мин;

Позиция 1:

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{пер}} + t_{\text{уст}}$$

Время на установку и снятие детали: $t_{\text{уст}} = 3,4$ мин

Время на смену инструмента: 0,5 мин;

Время на изменение величины подачи: 0,07 мин;

Время на изменение числа оборотов шпинделя: 0,08 мин;

$$t_{\text{пер}} = (9 \cdot 0,5) + (0,07 \cdot 9) + (0,08 \cdot 9) = 6,35 \text{ мин}$$

$$t_{\text{всп1}} = t_{\text{пер}} + t_{\text{уст}} = 6,35 + 3,4 = 9,75 \text{ мин}$$

Позиция 2:

$$t_{\text{всп2}} = t_{\text{пер}}$$

$$t_{\text{пер}} = (10 \cdot 0,5) + (0,07 \cdot 10) + (0,08 \cdot 10) = 6,5 \text{ мин}$$

Позиция 3:

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}}$$

$$t_{\text{пер}} = (17 \cdot 0,5) + (0,07 \cdot 17) + (0,08 \cdot 17) = 11,05 \text{ мин}$$

Время на контрольное измерение: $t_{\text{изм}} = 8,02$ мин

$$t_{\text{всп3}} = 11,05 + 8,02 = 19,07 \text{ мин}$$

Вспомогательное время на операцию будет равно:

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{всп1}} + t_{\text{всп2}} + t_{\text{всп3}}$$

$$t_{\text{всп}} = 9,75 + 6,5 + 19,07 = 35,32 \text{ мин}$$

Поправочный коэффициент на вспомогательное время:

$$K_{t_b} = 1,32$$

$$T_{\text{оп}} = 3,978 + 35,32 = 39,298 \text{ мин}$$

Время на организацию и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности составляет 14% $T_{\text{оп}}$

Машинно-вспомогательное время по программе: $T_{\text{мв}} = 1,5$ мин

Время цикла автоматической работы станка по программе:

$$T_{\text{пу}} = 3,978 + 1,5 = 5,478 \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт}} = (5,478 + 35,32 \cdot 1,32) \cdot (1 + \frac{14}{100}) = 59,4 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время: $T_{\text{п-з}} = 31$ мин

$$T_{\text{шт-к}} = 59,4 + \frac{31}{48} = 60,04 \text{ мин ,}$$

015 Радиально – сверлильная операция

Основное время: $T_o = 0,228$ мин;

Время на установку и снятие детали: $t_{\text{уст}} = 0,6$ мин

Время, связанное с операцией: $t_{\text{пер}} = 3,5$ мин

Время на контрольное измерение: $t_{\text{изм}} = 0,68$ мин

Поправочный коэффициент на вспомогательное время: $K_{t_b} = 1,32$

$$T_B = 0,6 + 3,5 + 0,68 = 4,78 \text{ мин}$$

$$T_{оп} = 0,228 + 4,78 = 5,008 \text{ мин}$$

Время на организацию и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности составляет 9% $T_{оп}$

$$T_{шт} = t_o + t_B + t_o + t_{об.} + t_{ф} \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 5,008 + 4,78 + 0,48 = 10,268$$

Подготовительно-заключительное время $T_{пз} = 20 \text{ мин}$

$$T_{шт-к} = 10,268 + \frac{20}{48} = 10,69 \text{ мин}$$

020 Вертикально – фрезерная операция с ЧПУ

Основное время: $T_o = 3,2 \text{ мин};$

Время на установку и снятие детали: $t_{уст} = 0,6 \text{ мин}$

Время, связанное с операцией: $t_{пер} = 3,5 \text{ мин}$

Время на контрольное измерение: $t_{изм} = 0,68 \text{ мин}$

Поправочный коэффициент на вспомогательное время:

$$K_{t_B} = 1,32$$

$$T_B = 0,6 + 3,5 + 0,68 = 4,78 \text{ мин}$$

$$T_{оп} = 3,2 + 4,78 = 7,98 \text{ мин}$$

Время на организацию и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности составляет 9%

Машинно-вспомогательное время по программе:

$$T_{мв} = 1,5 \text{ мин}$$

Время цикла автоматической работы станка по программе:

$$T_{пу} = 3,2 + 1,5 = 4,7 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = (4,7 + 4,78 \cdot 1,32) \cdot (1 + \frac{9}{100}) = 12 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время $T_{пз} = 20 \text{ мин}$

$$T_{шт-к} = 12 + \frac{20}{48} = 12,42 \text{ мин}$$

Все расчетные данные по технологическому нормированию сведены в таблицу. 1.19

Таблица 1.19 Нормирование технологического процесса изготовления

№ операции	Наименование операции	Нормы времени, мин					
		T _о	T _в	T _{оп}	T _{п-з}	T _{шт}	T _{шт-к}
005	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	2,655	4,78	7,35	31	13,27	13,92
010	Сверлильно-фрезерно-расточная с ЧПУ	8,384	35,32	43,704	31	59,4	60,4
015	Радиально-сверлильная	0,228	4,78	5,008	20	10,268	10,69
020	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	3,2	4,78	7,98	20	12	12,42

Определение трудоёмкости программы выпуска изделий

$$T_c = \frac{T_{шт-к} \times N_r}{60}, \quad (1.21)$$

где T_c – трудоёмкость в нормочасах;

T_{шт-к} – штучно-калькуляционное время, мин;

N_r – приведенная годовая программа выпуска, шт.

1.3.2 Определение необходимого количества оборудования и коэффициентов его загрузки

Выбор оборудования производится в соответствии с принятым технологическим процессом. Расчетное количество станков на каждой операции для обработки годовой программы определяется:

$$C_{Pi} = \frac{t_{шт-ki} \cdot N}{60 \cdot F_d}, \quad (1.22)$$

где T_{шт-ki} – штучно-калькуляционное время i операции, мин;

F_d = 1987ч. – действительный годовой фонд времени работы оборудования.

$$C_{Pi} = \frac{13,92 \cdot 1000}{60 \cdot 1987} = 0,116; \text{ принимаем } 1$$

$$C_{Pi} = \frac{60,4 \cdot 1000}{60 \cdot 1987} = 0,51; \text{ принимаем } 1$$

$$C_{Pi} = \frac{10,69 \cdot 1000}{60 \cdot 1987} = 0,09; \text{ принимаем } 1$$

$$C_{Pi} = \frac{12,42 \cdot 1000}{60 \cdot 1987} = 0,104; \text{ принимаем } 1$$

Полученное значение необходимо округлить до ближайшего целого большего числа C_{Π} . Коэффициент загрузки оборудования находится как отношение расчётного числа оборудования к принятому:

$$K_3 = \frac{C_P}{C_{\Pi}}; \quad (1.23)$$

$$K_{3005} = \frac{0,116}{1} = 0,116; \quad K_{3015} = \frac{0,09}{1} = 0,09$$

$$K_{3010} = \frac{0,51}{1} = 0,51; \quad K_{3020} = \frac{0,104}{1} = 0,104$$

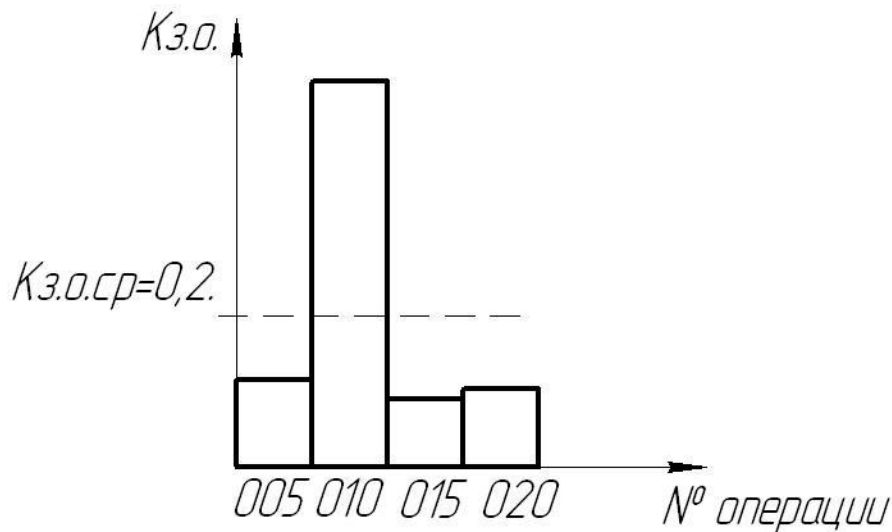


Рисунок 7 График загрузки оборудования

Определение численности рабочих.

Число основных рабочих выбираем по числу станков с учётом односменной работы. Число основных рабочих составляет 4 человека.

Количество вспомогательных рабочих для производства составляет 10÷15% от количества основных:

$$P_{\text{в}} = 3 \cdot 0,1 = 0,3$$

принимаем количество вспомогательных рабочих 1 человек.

Количество инженерно-технического и младшего обслуживающего персонала принимаем в следующем соотношении от общего числа рабочих (производственных и вспомогательных):

ИТР – 10÷12%, $P_{\text{итр}} = 1$ человек;

МОП – 2÷3%, $P_{\text{моп}} = 1$ человек.

Общее число работников 7 человек.

При проектировании группового технологического процесса, помимо объединения маршрутов обработки, встают важные задачи в обеспечении производства требуемыми приспособлениями, режущими и мерительными инструментами способными удовлетворять в применении в пределах назначенной группы деталей. Обеспечивать их необходимым базированием с

соблюдением жёсткости и точности закрепления при максимально возможной простоте в конструкции и обслуживании.

В данной выпускной квалификационной работе разработаны приспособления для фрезерной и фрезерно-сверлильно-расточной операций.

1.4 Конструкторская часть

1.4.1 Проектирование приспособления для вертикально-фрезерной операции

Приспособление предназначено для фрезерования установочных плоскостей корпусов. Оно устанавливается на столе вертикально-фрезерного станка ГФ2171С6, при этом винт находится со стороны станочника. Приспособление базируется на плоскость стола и закрепляются двумя болтами М16,

Заготовка устанавливается на 4 вертикальные рифленные опоры. Чтобы забазировать деталь вдоль ее продольной оси, деталь сдвигается до упора литой базовой поверхностью в упорный элемент. Затем деталь предварительно прижимается с четырех сторон болтами. Вращением винта с ключа по часовой стрелки перемещаются резьбовые губки расходятся в разные стороны и в результате чего происходит зажим по внутренней стенке детали.

От осевого смещения главный винт удерживается фиксирующей вилкой.

Дальнейший прижим производится до усилия 1000кгс на рифленные опоры. Усилие на рукоятке винта длиной около 10см будет 10кг После окончания операции фрезерования, болты и разжимные губки ослабляются и происходит снятие заготовки.

Силовой расчёт приспособления
Схема распределения сил в приспособлении
Сила закрепления детали:

$$P_3 = \frac{kR}{f_{оп} + f_{э.м.}}, \quad (1.24)$$

где P_3 – сила закрепления;

R – сдвигающая сила (2375,3 Н);

$f_{оп}$ – сила трения в опорах;

$f_{э.м.}$ – сила трения в зажимном механизме;

k – коэффициент запаса.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (1.25)$$

$k_0 = 1,5$ – гарантированный запас;

$k_1 = 1,2$ – при черновой обработке;

$k_2 = 1,4$ – при фрезеровании;

$k_3 = 1$ – резание не прерывистое;

$k_4 = 1,3$ – немеханизированный привод;

$k_5 = 1,2$ – угол поворота рукоятки $>90^\circ$;

$k_6 = 1$ – плоскость на опорных штырях.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 = 3,93$$

$f_{\text{оп}} = 0,7$ (рифлёные опоры);

$f_{\text{э.м.}} = 0,7$ (зажимной механизм при больших силах взаимодействия).

$$P_3 = \frac{3,93 \cdot 242,3}{0,7 + 0,7} = 680,2 \text{ кг}$$

Принимаем $P_3 = 700$ кг

Силы, действующие в месте крепления тяговых планок к рычагу:

Находим $P_{\text{тяги}}$

$$P_{\text{т.пр}} = P_{\text{т.лев}} = P_3 \cdot \sin 24^\circ = 700 \cdot 0,407 = 2795 \text{ Н.},$$

Силы, действующие в месте крепления тяговых планок к резьбовым втулкам:

$$P_{\text{рез.пр}} = P_{\text{рез.лев}} = P_{\text{тяги.лев}} \cdot \cos 24^\circ;$$

$$P_{\text{рез.пр}} = P_{\text{рез.лев}} = 285 \cdot 0,914 = 2550 \text{ Н.},$$

Расчёт пары винт-гайка:

Для резьбы М20 сила закрепления может быть > 980 кг при напряжении растяжения в винте $\delta_p = 49$ МПа.

В проектируемом приспособлении применена трапециидальная резьба. $P_{\text{рез}} = 260,5$ кг – в каждой гайке. Материал винта – сталь 40Х улучшенная ($\delta_p = 1600$ кг/см²) Действующие силы и напряжения соответствуют допуску.

Выбираем сферический конец винта, трение учитывается только в резьбе

Половина угла при вершине трап. резьбы: $\beta = 15^\circ$

Угол подъёма резьбы:

$$\alpha = \frac{\arctg P}{\pi \cdot d_2}, \quad (1.26)$$

где P – шаг резьбы, мм; d_2 – наружный диаметр, мм

$$\alpha = \frac{\arctg 2}{3,14 \cdot 20} = 1^\circ,$$

Приведённый угол трения в резьбе:

$$\varphi_{\text{пр}} = \arctg \left(\frac{0,1}{\cos \beta} \right) = 5,9^\circ \approx 6^\circ, \quad (1.27)$$

Рассчитываем эффективность самоторможения винтовой пары используя КПД винтовой пары:

$$h = \frac{\text{tga}}{\left[\text{tg} \left(a + j_{\text{пр}} \right) \right]}; \quad (1.28)$$

$$\eta = \frac{\text{tg} 1^\circ}{\left[\text{tg} (1^\circ + 6^\circ) \right]} = 0,143 \leq 0,4 \text{ - резьба самотормозящаяся}$$

Момент M , который необходимо приложить к винту $P_{рез}$.

$$M = 0,5 \cdot P_{рез} \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi_{пр});$$

$$M = 0,5 \cdot 260,5 \cdot 2 \cdot \operatorname{tg}(1^\circ + 6^\circ) = 339 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Для двух гаек момент увеличиваем в 2 раза.

$M = 339 \cdot 2 = 678 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – момент на рукоятке ходового винта для создания необходимой силы закрепления детали.

Проверяем условие требований эргономики:

$M < M_{эр}$; $M_{эр} = 2305 \text{ Н}$; $678 < 2305$, т.е. получившийся по расчётам момент и усилие на рукоятке соответствует требованиям эргономики. Длина рукоятки равна 160 мм. Длина ключа равна 7 см.

Проверочный расчёт винтовой пары:

Винт со сферической головкой (трение учитывается только в резьбе).

Сила зажима:

$$W = Q \cdot \frac{1}{r_{ср} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \phi_{пр})}, \quad (1.29)$$

где Q – исходное усилие на ключе, кг;

l – длина рукоятки ключа, мм;

$r_{ср}$ – средний радиус резьбы, мм;

P – шаг резьбы, мм;

$\phi_{пр}$ – приведённый угол трения;

ψ – угол подъёма резьбы.

$$W = 5110 \text{ Н.}$$

Длина рукоятки при исходном усилии на ключе $Q = 98 \text{ Н}$:

$$Q = \frac{W}{\frac{1}{r_{ср} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \phi_{пр})}} = \frac{W \cdot r_{ср} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \phi_{пр})}{1}, \quad (1.30)$$

$$W = 5110 \text{ Н};$$

$$r_{ср.трап} 20 \cdot 2 = 9,5 \text{ мм};$$

$$P = 2 \text{ мм};$$

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot r_{ср}}; \quad (1.31)$$

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot r} = \frac{2}{2 \cdot 3,14 \cdot 9,5} = 0,034,$$

$$\psi \approx 2^\circ;$$

$$f_{пр} = \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (1.32)$$

$f = 0,1$ – коэффициент трения при плоском контакте;

$\alpha/2 = 15^\circ$ – половина угла при вершине профиля резьбы.

$$f = \frac{0,1}{\cos 15^0} = 0,104;$$

$$f = \operatorname{tg} \varphi = 0,104, \varphi = \operatorname{arctg} 0,104 \approx 6^0$$

Условие самоторможения: $\psi < \varphi_{\text{пр}}, 2^0 < 6^0$ – условие соблюдается.

$$l = \frac{521 \cdot 0,95 \cdot \operatorname{tg}(2^0 + 6^0)}{10} = 6,9 \approx 7 \text{ см}$$

При длине ключа 7 см и усилия 98 Н можно развить силу раздвижения резьбовых гаек по винту, равную 5110 Н, что достаточно для получения силы закрепления детали на опорах величиной 6864 Н.

Расчёт главного ходового винта на прочность

Проверка статической прочности вала с учётом кратковременных перегрузок.

Эквивалентное напряжение:

$$\sigma_{\text{эк}} = \sqrt{\sigma_{\text{и}}^2 + 3 \cdot \tau^2} \cdot [\sigma]; \quad (1.33)$$

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M_{\text{и}}}{0,1 \cdot d^3}; \quad (1.34)$$

$$\tau = \frac{T_{\text{и}}}{0,2 \cdot d^3}, \quad (1.35)$$

где $M_{\text{и}}$ – изгибающий момент в опасном сечении;

$T_{\text{и}}$ – крутящий момент в опасном сечении;

$[\sigma] \approx 0,8\sigma_T$ – предельное допускаемое напряжение.

$d = 1,2 \text{ см}$

$a = 11 \text{ см}$

Кратковременная перегрузка $\approx 20 \text{ кг}$

Сила перегрузки:

$$F_{\text{п}} \cdot a = 196 \text{ Н};$$

$$M_{\text{п}} = F_{\text{п}} \cdot a = 196 \cdot 11 = 2158 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{2158}{0,1 \cdot 1,2^3} = 12465 \text{ Н/м}^2;$$

$$T_{\text{п}} = M = 628 \text{ Н} \cdot \text{м}, \text{ принимаем } T_{\text{п}} = 2 \cdot M = 1265 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$\tau = \frac{1265}{0,2 \cdot 1,2^3} = 3658 \text{ Н/м}^2;$$

$$\sigma_{\text{эк}} = \sqrt{12465^2 + 3 \cdot 3658^2} \leq [\sigma];$$

$$13984 \text{ Н/м}^2 < 50995 \text{ Н/м}^2,$$

При двойной перегрузке по изгибающему и крутящему моментам остаётся запас прочности.

Проверка на прочность элементов приспособления и детали

Предельная нагрузка на вертикальные опоры с рифлёной головкой для $\varnothing 10 \text{ мм}$ составляет 3922 Н. Для 3-х опор общая нагрузка может составить 11768 Н. $P_{\text{закр.}} = 6865 < P_{\text{доп.}} = 11768$ – условие выполняется.

Предельная нагрузка на боковые опоры со сферической головкой для Ø16 мм составляет 4903 Н. Общая нагрузка 9806 Н, т.к. две боковые опоры. Т.к. основную нагрузку несут вертикальные рифлёные опоры, боковые сферические опоры воспринимают нагрузки в пределах допустимых норм.

Силы, действующие в зацеплении деталь – прижимная плита.

Применим расчёт клинового механизма.

$$W = P_3 \cdot i_c, \quad (1.36)$$

где W – сила, расклинивающая деталь;

i_c – передаточное отношение сил;

$$\alpha = 10^\circ, \beta = 80^\circ$$

$$i_c = 3,56 \text{ при угле } \alpha = 10^\circ,$$

На каждом скосе сила равна $W_{(1,2)} = W/2$, $P_{3(1,2)} = P_3/2$,

$$W/2 = P/2 \cdot i,$$

$$W/2 = \frac{700}{2 \cdot 3,56} = 1246;$$

$$\frac{N}{2} = \frac{\frac{W}{2}}{\sin \beta} = \frac{1246}{\sin 80^\circ} = 1256.$$

Из условия самоторможения для клина с трением на двух поверхностях (при коэффициенте трения $f = 0,15$), угол клина α должен быть $< 17^\circ$. Т.к. $\alpha = 10^\circ$, условие самоторможения выполняется. Зацепление не ослабляется и дополнительные фиксаторы для главного ходового винта не нужны.

Расчёт на изгиб сечения детали в месте контакта с прижимной плитой относительно боковой опоры.

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W} \leq [\sigma_{\text{изг}}], \quad (1.37)$$

W – момент сопротивления;

$$[\sigma_{\text{изг}}] = 7159 \text{ Н/м}^3$$

$$M_{\text{изг}} = \frac{N}{2} \cdot a, \quad (1.38)$$

где $a = 3,5 \text{ см}$

$$\frac{N}{2} = 1265 \text{ кг}$$

$$M_{\text{изг}} = 12650 \cdot 3,5 = 44275 \text{ Н·м};$$

$M_{\text{изг}} = 44275 \cdot 2 = 88550 \text{ Н·м}$, т.к. сила действует в обе стороны;

$$W = \frac{b \cdot a^3 - b_1 \cdot a_1^3}{b \cdot a};$$

$$W = \frac{11,6 \cdot 12,2^3 - 9,2 \cdot 9,8^3}{6 \cdot 12,2} = 169,5 \text{ см}^3; \quad (1.39)$$

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{8855}{169,5} = 52,24 \leq [\sigma_{\text{изг}}],$$

По изгибу имеется запас прочности.

5. Расчёт на смятие детали в месте приложения сил

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{\frac{N}{2}}{l \cdot a} \leq [\sigma_{\text{см}}]; \quad (1.40)$$

$$\frac{N}{2} = 12560 \text{ Н},$$

$l = 6 \text{ см}$ – длина контакта;

$a = 0,15 \text{ см}$ – ширина контакта;

$$[\sigma_{\text{см}}] = [\sigma_{\text{сж}}] = 16000 \text{ Н/м}^2$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{12650}{6 \cdot 0,15} = 14056 \text{ Н/м}^2$$

$\sigma_{\text{см}} \leq [\sigma_{\text{см}}]$ - условие прочности соблюдается.

Рассчитываем на смятие профильное соединение винта (место под ключ), как наименьшее по сечению

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{3 \cdot T}{l \cdot a^2} \leq [\sigma_{\text{см}}]; \quad (1.41)$$

$$T = 640 \text{ Н·м};$$

$$l = 1,6 \text{ см};$$

$$a = 0,8 \text{ см};$$

$$[\sigma] = 3000 \text{ Н/м}^2;$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{3 \cdot 640}{1,6 \cdot 0,8^2} = 1887 \leq [\sigma_{\text{см}}] \text{ - условие прочности соблюдается.}$$

Проведённые расчёты показывают, что деталь и элементы приспособления находятся в пределах допустимых нагрузок. Приспособление работоспособно.

1.4.2 Проектирование приспособления для сверлильно-фрезерно-расточной операции

Технические данные:

Номинальное усилие зажима на 2-х Г-образных прихватах 2500 Н.

Приспособление предназначено для базирования корпуса на сверлильно-фрезерно-расточном станке с ЧПУ ИР-500МФ4.

В данном приспособлении деталь базируется по плоскости и двум отверстиям с установкой на низкие цилиндрический и срезанный пальцы. При такой установке плоскость является главной базирующей

поверхностью, а два отверстия, сопряженные с пальцами заменяют направляющую и упорную базы.

Приспособление устанавливается на вращающемся станочном столе. Боковые пазы в опорной плите совмещаются с резьбовыми отверстиями стола и закрепляются болтами М20.

В приспособлении предусмотрен вариант его разворота на 90° относительно стола станка.

Заготовка устанавливается на опорные пластины ранее обработанной плоскостью. Деталь устанавливается на цилиндрический и срезанный пальцы, тем самым она фиксируется и привязывается к координатам приспособления и станка.

Двумя Г-образными прихватами обрабатываемый корпус прижимается к опорным пластинам, обеспечивая надежное закрепление заготовки. А затем дополнительно прижимается двумя прижимными самоцентрирующимся губками и фиксируется прижимным болтом.

В процессе обработки детали нет необходимости в дополнительной фиксации Г-образных прихватов от раскручивания, т.к. метрическая резьба является самотормозящей.

Расчёт приспособления на точность

Условие установки заготовки: на один цилиндрический и один срезанный палец.

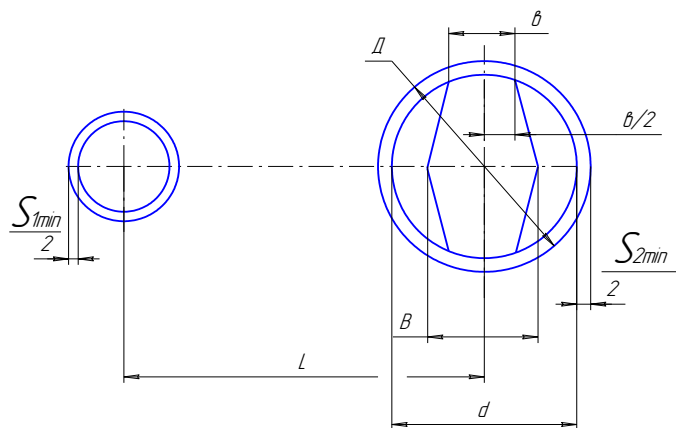


Рисунок 8 Условие установки заготовки

Диаметр технологических отверстий диаметром 12Н9.

Диаметр цилиндрического и срезанного пальцев 12f9.

Условие установки заготовки:

$$S1min + S2min \times (d \times b) \geq \Delta o + \Delta n,$$

где Δn - допуск на изготовление установочных пальцев

Δo - допуск на диаметр отверстия

$d=12$ мм - диаметр срезанного пальца

$b=8$ мм - ширина срезанного пальца

$$S1min = S2min = 0 + 0,016 = 0,016 \text{ мм.}$$

$$0,116+0,116 \times (12/8) \geq 0,043+0,043,$$

$$0,348 \geq 0,086 \text{ - условие выполняется.}$$

Погрешность установки:

$$E_y = \sqrt{E_6^2 + E_3^2}; \quad (1.42)$$

Погрешность базирования E_6 в данном случае возникает за счёт перекоса заготовки в вертикальной плоскости при установке её на установочные пальцы.

Перекас при этом происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром установочных отверстий и наименьшим диаметром пальцев.

Наибольший зазор между отверстиями и штырями определяется как:

$$S_{\max} = \delta_a + \delta_b + S_{\min}, \quad (1.41)$$

где δ_a – допуск на отверстие Ø11H9($^{+0,043}_0$); $\delta_a = 0,043$ мм.

δ_b – допуск на диаметр пальца по f9($^{-0,016}_{-0,059}$); $\delta_b = 0,043$ мм.

$S_{\min}$ – минимальный зазор между диаметрами пальца и отверстия;

$$S_{\min} = 12,000 - 11,984 = 0,016 \text{ мм.}$$

Наибольший угол поворота заготовки на штырях может быть найден из отношения: наибольшего зазора при повороте в одну сторону от среднего положения к расстоянию между базовыми отверстиями.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,043 + 0,043 + 0,016}{\sqrt{120^2 + 0^2}} = 0,00085;$$

Погрешность базирования на длине обрабатываемого отверстия:

$$E_6 = L \cdot \operatorname{tg} \alpha = 100 \cdot 0,00085 = 0,085 \text{ мм} = 85 \text{ мкм}$$

Погрешность закрепления заготовки E_3 принимаем 100 мкм.

Погрешность установки при черновом растачивании:

$$E_1 = \sqrt{85^2 + 100^2} = 13,6 \text{ мкм};$$

Остаточная погрешность установки при чистовом растачивании:

$$E_2 = K_y \cdot E_1 = 0,04 \cdot 13,6 = 5,7 \text{ мкм},$$

где K_y – коэффициент уточнения

Для чистового растачивания $K_y = 0,04$.

Силовой расчёт приспособления.

Схема взаимодействия сил резания и зажима представлена на рисунке 9

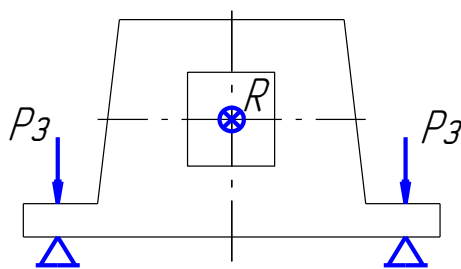


Рисунок 9 Схема взаимодействия сил резания и зажима

Сдвигу заготовки под действием силы R препятствуют силы трения, возникающие в местах контактов заготовки с опорами и зажимным механизмом. Силы направлены взаимно перпендикулярно.

$$P_3 \cdot f_1 + P_3 \cdot f_2 = \kappa \cdot R,$$

$$P_3 = \frac{\kappa \times R}{f_1 + f_2} = \frac{\kappa \times R}{f_{оп} + f_{з.м}}; \quad (1.42)$$

где $f_{оп}$ – коэффициент трения между опорой и деталью,

$f_{з.м}$ – коэффициент трения между зажимным механизмом и деталью,

$R \approx 6500$ Н - максимальная осевая сила, действующая на деталь при сверлении отверстия $\varnothing 20$ мм,

κ – коэффициент запаса,

$f_{1,2}$ – коэффициент трения,

$\kappa = \kappa_0 \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3 \cdot \kappa_4 \cdot \kappa_5 \cdot \kappa_6$,

где $\kappa_0 = 1,5$ - коэффициент гарантированного запаса;

$\kappa_1 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей (при черновой обработке);

$\kappa_2 = 1,15$ – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления инструмента (при сверлении чугуна);

$\kappa_3 = 1,0$ – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании (в данном случае резание непрерывное);

$\kappa_4 = 1,3$ – коэффициент, учитывающий постоянство силы, развиваемое зажимным механизмом (в данном случае немеханизированный привод);

$\kappa_5 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий эргономику немеханизированного привода (угол поворота рукоятки ключа $> 90^\circ$);

$\kappa_6 = 1,0$ – коэффициент, учитывающий наличие моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью;

$\kappa = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 3,2$

$f_{оп} = 0,16$ - коэффициент трения между обработанными поверхностями заготовки и опорами,

$f_{з.м} = 0,7$ - коэффициент трения между необработанной поверхностью заготовки и зажимным механизмом (с рифлением).

$$P_3 = \frac{3,2 \cdot 6500}{0,16 + 0,7} = 2400 \text{ Н.}$$

В качестве зажимов выбираются Г-образные прихваты с резьбовой шпилькой М20 с основным шагом 2,5 мм.

При этом:

$\beta = 30^\circ$ - половина угла при вершине резьбы,

$\varphi_{\text{пр}} = 6^\circ 40'$ – приведенный угол трения в резьбе,

$$\alpha = \arctg \frac{P}{3,14 \cdot d_2},$$

где $P = 2,5$ мм – шаг резьбы,

$d_2 = 18,376$ мм – средний диаметр резьбы,

$$\alpha = \arctg \frac{2,5}{3,14 \cdot 18,376} = \arctg 0,043 \approx 2^\circ 30'.$$

Принимается стандартная шпилька:

М20-6gx140.109.40X.019 ГОСТ 22034-76.

Материал: сталь 20, $\sigma_{\text{вр}} = 1000 \text{ Н/мм}^2$;

Класс прочности: 109 $\sigma_{\text{тек}} = 90 \text{ кг/мм}^2$;

Стандартная гайка:

7003-0306 ГОСТ 8918-69.

Материал: сталь 40X, HRC 33...38, $\sigma_{\text{вр}} = 1000 \text{ Н/мм}^2$;

$\sigma_{\text{тек}} = 90 \text{ кг/мм}^2$.

Эффективность самоторможения определяется исходя из оценки КПД (η) винтовой пары.

При $\eta \leq 0,4$ винтовой зажим надежен против самоотвинчивания.

$$\eta = \operatorname{tg} \alpha / [\operatorname{tg} (\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \frac{2}{3} f_1 (D_{\text{н.т}}^3 - d_{\text{в.т}}^3) / [(D_{\text{н.т}}^2 - d_{\text{в.т}}^2) \cdot d_2]];$$

где $d_{\text{в.т}} = 21$ мм - диаметр внутреннего торца гайки;

$D_{\text{н.т}} = 38$ мм - диаметр наружного торца гайки;

$f_1 = 0,15$ – коэффициент трения между прихватом и гайкой.

$\alpha = 2^\circ 30'$

$\varphi_{\text{пр}} = 6^\circ 40'$

$\alpha_2 = 18,4$ мм

$$\eta = \operatorname{tg} 2^\circ 30' / [\operatorname{tg} (2^\circ 30' + 6^\circ 40') + \frac{2}{3} 0,15 (38^3 - 21^3) :$$

$$: [(38^2 - 21^2) \cdot 18,4]] =$$

$$= 0,044 / [\operatorname{tg} 9^\circ + 0,1 \cdot 1890655 / [1003 \cdot 18,4]] =$$

$$= 0,044 / \{0,158 + 189065,5 / 18455,2\} = 0,044 / 10,4 = 0,004;$$

$0,004 < 0,4$ – условие самоторможения соблюдается.

Вычислим момент М, который нужно приложить к гайке для создания силы закрепления P_3 .

Приближенный расчет:

$$M = 0,2 \cdot P_3 \cdot d_2 = 0,2 \cdot 24000 \cdot 1,84 = 8800 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Учитывая, что применено два Г-образных прихвата, находятся сила закрепления и момент на каждый прихват:

$$P_1 = P_2 = P_3 / 2 = 24000 / 2 = 12000 \text{ Н,}$$

$$M_1 = M_2 = M / 2 = 8800 / 2 = 4400 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Расчеты на прочность, определение усилия на гаечном ключе

Напряжение при растяжении шпильки:

$$\sigma_p = 2 \cdot P_3 / d_1^2 < [\sigma_p]_{40X}, \quad (1.43)$$

где d_1 – внутренний диаметр резьбы шпильки,

$$\sigma_p = \frac{21209}{1,73^2} = 8000 \text{ кгс} / \text{см}^2 < [\sigma_p]_{40X} = 8000 \text{ кгс} / \text{см}^2,$$

следовательно, напряжение находится в пределах допустимого.

Сила закрепления Г-образным прихватом

Осевое усилие $P_1 = P_2 = 1200 \text{ Н}$,

$L = 5,6 \text{ см}$,

$H = 9,8 \text{ см}$.

$$P_{2.пр} = (P_1 - q)(1 - 3f \frac{L}{H}), \quad (1.44)$$

где $q = 5 \text{ кгс}$ – сила сопротивления пружины,

$$P_{2.пр} = (1209 - 5)(1 - 3 \cdot 0,15 \frac{5,6}{9,8}) = 8900 \text{ Н}$$

Момент затяжки:

$$M = 0,5 (P_1 + q) [d_{cp} \cdot \text{tg} (\alpha_p + \varphi) + f \cdot (D_{н.т}^3 - d_{в.т}^3) / [3 (D_{н.т}^2 - d_{в.т}^2)]];$$

$$M = 0,5 \cdot (1209 + 5) [1,84 \cdot \text{tg} (2^\circ 30' + 6^\circ 40') + 0,15 \cdot (3,8^3 - 2,1^3) / [3 (3,8^2 - 2,1^2)]] = 7400 \text{ Н} \cdot \text{см}.$$

При исходном усилии на ключе $Q = 20 \text{ кг}$, длина ключа находится как:

$$L = \frac{M}{Q} = \frac{7400}{20} = 370 \text{ см}.$$

1.4.3 Проектирование режущего инструмента

Растачивание резцами взамен развёртывания обеспечивает высокую точность расположения отверстий. В данном технологическом процессе применена расточная оправка с микрометрической настройкой вылета резца. Оправка состоит из корпуса 2 с хвостовиком. В корпусе на переднем торце имеется наклонное (под углом 53°) точно выполненное отверстие, в котором расположена державка 1 с квадратным сквозным отверстием для резца 8. На державке имеется точная резьба, на которую навинчена лимб-гайка 3. Пружина 9 и толкатель 4 осуществляют постоянный прижим лимб – гайки к плоскости корпуса. Резец предварительно устанавливают в паз державки и закрепляют винтом 5, соединяющим жестко резец с державкой. Вылет резца регулируют посредством поворота лимб – гайки на некоторый угол, соответствующий определенному числу делений лимба. Цена одного деления соответствует радиальному перемещению резца на $0,002 \text{ мм}$. Винт 6 служит для фиксирования державки и резца в заданном положении. Предварительная настройка на размер производится вне станка на приборе, а окончательная подналадка осуществляется по пробному проходу.

Геометрия режущего инструмента:

радиус при вершине $r = 0,8$
 главный угол в плане $\varphi = 90^0$
 вспомогательный угол в

плане

передний угол $\gamma = 0^0$

Расчёт цены деления лимб – гайки:

Исходные данные для расчёта

число рисок $n = 50$
 резьба на лимб - гайке $M 30 \times 0,75$
 диаметр лимб - гайки $\varnothing 40 \text{ мм}$

Длина окружности лимб – гайки:

$$L = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 40 = 125 \text{ мм},$$

Расстояние между рисками:

$$l = \frac{L}{n} = \frac{125}{50} = 2,5 \text{ мм},$$

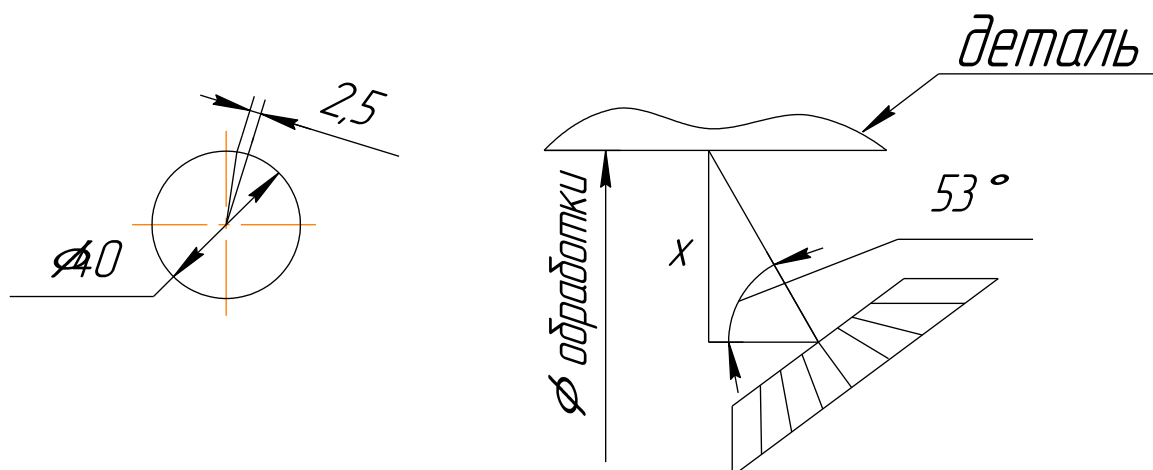


Рисунок 10

Перемещение резца вдоль оси лимб – гайки при повороте на 1 цену деления, т.е. на 2,5 мм (на сторону):

$$X = \frac{0,75}{50} = 0,015 \text{ мм},$$

Перемещение резца в направлении диаметра обработки на сторону:

$$X = 0,015, \sin 53^0 = 0,01 \text{ мм}.$$

Перемещение резца в направлении диаметра обработки на диаметр или цена деления:

$$\text{Ц}_д = X \cdot 2 = 0,01 \cdot 2 = 0,02 \text{ мм}.$$

1.4.4 Проектирование специального мерительного инструмента

Специальный мерительный инструмент – калибр соосности предназначен для контроля соосности гладкого отверстия диаметром 22Н9 и гладкого отверстия диаметром 80Н9 на операции 010 обработки корпуса ФЮРА.340084.001

Расчет калибра

Степень точности двухступенчатого калибра определяется по допуску на несоосность, отнесённому к диаметру большей ступени, и принимается одинаковой для обеих ступеней. Допуск на несоосность ступеней калибров назначается также по диаметру большей ступени. При разнесённом расположении ступеней степень точности калибра определяется по приведённому допуску на несоосность l ; связанному с допуском l , проставленным на чертеже зависимостью:

$$l = l_1 + \frac{L}{l_1} \quad (1.45)$$

Исполнительные размеры ступени калибра для $\varnothing 80\text{H}9$:

$$d_{\text{кнаиб}} = D_A - \frac{l}{1 + \frac{L}{l_1}} + \delta_k + \delta_{\text{и}} + l_k, \quad (1.46)$$

где d_k – диаметр ступени калибра;

δ_k – допуск на неточность изготовления ступени калибра;

$\delta_{\text{и}}$ – допуск на износ ступени калибра;

l_k – допуск на несоосность ступеней калибра

$$d_{\text{кнаиб}} = 80 - \frac{0,05}{1 + \frac{92}{68}} + 0,010 + 0,015 + 0,005 = 80,01;$$

$$d_{\text{кнаим.}} = d_{\text{кнаиб.}} - \delta_k, \quad (1.47)$$

$$d_{\text{кнаим.}} = 80,01 - 0,010 = 80;$$

$$d_{\text{кизн.}} = d_{\text{кнаиб.}} - \delta_k - \delta_{\text{и}}, \quad (1.48)$$

$$d_{\text{кизн.}} = 80,01 - 0,010 - 0,015 = 79,985.$$

Исполнительные размеры ступени калибра для $\varnothing 22\text{H}9$:

$$d_{\text{кнаиб}} = 22 - \frac{0,05}{1 + \frac{92}{68}} + 0,009 + 0,013 + 0,005 = 22,007;$$

$$d_{\text{кнаим.}} = 22,007 - 0,009 = 21,998;$$

$$d_{\text{кизн.}} = 22,007 - 0,009 - 0,013 = 21,985.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан групповой техпроцесс механической обработки корпуса ФЮРА.300088.001, для мелкосерийного производства.

При выполнении ВКР деталь и заготовка были проанализированы на технологичность. На основе проведенного анализа был предложен способ получения заготовки из литья в песчано-глинистые формы, при данной программе выпуска и конструкции детали, который позволил максимально приблизить форму заготовки к форме получаемой детали. За счет этого увеличился коэффициент использования материала и сократился объем обработки, что сказалось на окончательной стоимости детали. Коэффициент использования материала составил $K_{\text{ИМ}}=0,501$.

При выполнении выпускной квалификационной работы более рационально построен маршрут обработки детали, исходя из условий мелкосерийного производства, с применением современного высокопроизводительного оборудования с ЧПУ.

Спроектированный технологический процесс состоит из 5 операций.

Кроме этого, применение современной оснастки и инструмента позволило сократить время на изготовление детали, которое составило $\sum T_{\text{шт-к}} = 97,43 \text{ мин.}$

В конструкторской части спроектировано сверлильно-фрезерное и сверлильно-фрезерно-расточное приспособления, которые необходимы для обработки отверстий, пазов. Спроектированное приспособление обеспечивает необходимую силу зажима и удовлетворяет требованиям точности. Спроектирован специальный режущий и мерительный инструмент, которые позволили повысить оснащенность технологического процесса.

В организационной части ВКР произведен расчет требуемого количества оборудования, которое составило 4 единицы, и определен средний коэффициент его загрузки $K_{\text{зо.ср.}}=20,5\%$. А также произведен расчёт необходимой численности основных, вспомогательных рабочих.

В разделе «Социальная ответственность» разработан необходимый комплекс мероприятий по охране труда и защите окружающей среды.

Расчеты, выполненные в экономической части показали, что себестоимость изготовления детали составит 827420 рублей на всю программу выпуска.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология машиностроения: Общие методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы для студентов специальности 120100 – Томск: Изд. ТПУ, 1997. – 16 с.
2. Балабанов А. Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. – М: Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
3. Технология машиностроения: Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специальности 120100 “Технология машиностроения” дневной и вечерней форм обучения. – Юрга: ИПЛ ЮФ ТПУ, 1999. – 39 с.
4. Горбачев А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Учебное пособие для машиностроительных вузов. – Минск: Высшая школа, 1983. – 256 с.
5. Справочник металлиста / Под ред. Малова. – М: Машиностроение, 1960. – 184 с.
6. Егоров М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. Учебник для машиностроительных вузов. – М: Высшая школа, 1969. – 480 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1986. – 656 с., ил.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1985. – 496 с., ил.
9. Режимы резания металлов: Справочник под ред. Ю. В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. Ануриева В. И. – М: Машиностроение, 1973.
11. Общемашиностроительные нормативы времени для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М: Машиностроение, 1974. – 426 с.
12. Расчеты экономической эффективности новой техники / под ред. Великанова. – М: Машиностроение, 1989. – 430 с.
13. Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М: Машиностроение, 1990. – 512 с.
14. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник – 7-ое изд. – М: Машиностроение, 1979. – 300 с.
15. Родин П. Р. Основы теории проектирования режущих инструментов. – М: Машгиз, 1960. – 159 с.
16. Станочные приспособления. Справочник в 2-х томах. Т. 1 / Под общ ред. Б. Н. Вардашкина. – М: Машиностроение, 1984. – 592 с.

17. Станочные приспособления. Справочник в 2-х томах. Т. 2 / Под общ. ред. Б. Н. Вардашкина. – М.: Машиностроение, 1984. – 656 с.
18. Кузнецов Ю. И. Конструкции приспособлений для станков с ЧПУ: Учеб. Пособие для СПТУ. – М.: Высш. шк. 1988. – 303 с.: ил.
19. Основы технологии машиностроения. Под ред. В. С. Корсакова. Изд. 3-е, доп. и перераб. Учебник для вузов. М., Машиностроение, 1977. – 416 с.
20. Егоров М. Е., Дементьев В. И., Дмитриев В. Л. Технология машиностроения. Учебник для втузов. Изд. 2-е, доп. М., Высшая школа, 1976. – 534 с., ил.
21. Худобин Л. В., Гурьянихин В. Ф., Берзин В. Р. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с., ил.
22. Ковшов А. Н. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с., ил.
23. Ансеров М.А., Гущин В.Ф. Приспособления для сверлильных станков. Конструкции и наладки. – Л.: Машгиз, 1950 – 300 с.
24. Добрыдnev И. С. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения»: Учебн. пособие для техникумов по специальности «Обработка металлов резанием». – М.: Машиностроение, 1985. – 184 с.
25. Маликов Ф.П. Патроны для металлорежущих инструментов. Справочник. – М. Машгиз, 1963. – 104 с.
26. Металлорежущий инструмент. Каталог-справочник. Часть 1. Резцы и фрезы. – М.: Машиностроение, 1976. – 448 с.
27. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б.. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. Ч. 1. – Л.: Машиностроение, 1982. – 543 с.
28. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б.. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. Ч. 2. – Л.: Машиностроение, 1978. – 545 с.
29. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительное для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 422 с.
30. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 1. Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 208 с.
31. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. В 3-х частях. Часть 1. Токарные, сверлильные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.