

РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 100 страниц, 24 рисунка, 28 таблиц, 3 приложения, 12 листов графического материала.

Ключевые слова: КОРПУС, ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНАЯ, ТОКАРНАЯ, БАЗИРОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ФРЕЗА, СВЕРЛО, КАЛИБР-КОЛЬЦО.

Целью проектирования является разработка технологического процесса механической обработки изделия корпус АМУ.

Тема выпускной квалификационной работы "Разработка технологического процесса изготовления корпуса АМУ.032.214.001".

ВКР содержит следующие главы: введение, технологическая, конструкторская, организационная, экономическая части, а также охрана труда и безопасность жизнедеятельности.

В технологической части описано последовательности технологического процесса, расчеты припусков, расчеты режимов резания и норм времени.

В конструкторской части приведены описания и расчет приспособлений, мерительного и режущего инструмента.

В организационной части приведены расчеты количества оборудования и числа рабочих.

В экономической части рассчитаны технико-экономические показатели, а также экономический годовой эффект.

В разделе социальная ответственность освещены вопросы безопасности работы на участке и меры предупреждения опасных производственных факторов.

В графической части изображены чертеж детали совместно с заготовкой, чертежи приспособлений, карты наладок, режущий и мерительный инструмент.

THE ABSTRACT

The graduate work contains 100 pages, 24 figures, 28 tables, 3 appendices, 12 sheets of graphic material.

THE HOUSING, MILLING AND BORING, TURNING, BAZIROVANIE, TEHNOLOGICHESKIY PROTSESS, PRISPOSOBLENIE, FREZA, SVERLO, KALIBR-KOLTZO.

The designing purpose is working out the technological process of machining the housing of AMU.

The subject of the graduate work is “Project of the technological process of machining housing 032.214.001 of AMU”.

The graduate work contains the following parts: the introduction, the technological, design, organizational, economic parts, and also a labor and life safety part.

In the technological part we describe the sequence of the technological process, calculate the allowances, cutting modes and time norms.

In the design part we describe and calculate appliances, cutting and measuring tools.

In the organizational part we provide calculations of equipment and number of workers.

In the economic part we calculate engineering-and-economical performance, and also annual economic effect.

In the labor and life safety part we consider safety issues at the site and measures of prevention dangerous production factors.

In the graphic part we represent the drawing of the detail together with the workpiece, drawings of appliances, setup sheets, cutting and measuring tools.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ основных тенденций научно-технического прогресса в машиностроении свидетельствует, что наивысших результатов можно достичь разработкой и реализацией новых научно-технических идей в области технологий материалов, техники, а также создания современных гибких структур организации автоматизированных машиностроительных производств.

Это продиктовано возрастающей конкуренцией продукции на рынке, необходимостью быстрого её обновления, расширением потребительских свойств создаваемой техники для удовлетворения возрастающего спроса, необходимостью обеспечения соответствия её параметров требованиям международных стандартов.

Целями государственной научно-технической программы "Технология, машина и производство будущего" является разработка научных основ и создание новых поколений технологий, оборудования и систем машины для принципиального изменения характера производства в важнейших направлениях машиностроения, многократного увеличения производительности труда, гуманизации труда, решения экономических и энергосберегающих проблем. Главным шагом программы является создание впервые в нашей стране образцов современных гибких высокоавтоматизированных производств, новые поколения технологии, обеспечивают период от использования отдельных видов техники, применяется оборудование с высокопроизводительными системами управления, диагностики и контроля на основе микроэлектроники.

В нынешних условиях быстрого и постоянного обновления предметов потребления и машин, когда сроки подготовки производства и поставки на рынок новой продукции сильно сократились, а её конструктивно-производственная сложность, трудоемкость и требования к качеству значительно возрастает, успешно функционировать может предприятие нетрадиционного типа. Это производство должно отвечать всем требованиям гибкости и высокой рентабельности. Эти требования, составляющие концепцию гибкой автоматизации компьютерного производства, в основном заключается в следующем:

- новая продукция должна создаваться, и запускаться в производство в предельно короткий срок;
- новая продукция по качеству и потребительским свойствам должна превосходить ранее выпускавшуюся и конкурирующую продукции, пользоваться активным спросом и полностью удовлетворять заказчика;
- производство новой продукции должно быть не только предельно прибыльным но и должно работать в режиме всестороннего сокращения затрат и складских запасов, а также экономии энергических, материальных и других ресурсов.

1 Расчеты и аналитика

1.1 Аналитический обзор

1.1.1 Анализ существующего производства

На базовом предприятии ООО «Юргинский машзавод» на деталь корпус ДР2500РЮ.16.20.000 разработан единичный технологический процесс. Сборочную единицу изготавливают в цехе 22. При изготовлении применяют различные станки, инструменты, приспособления, схемы базирования. Это значительно замедляет сроки технологической подготовки производства, увеличивает трудоёмкость, снижает производительность труда. Эти недостатки можно ликвидировать применением современного высокопроизводительного оборудования с ЧПУ, современного режущего инструмента и оснастки.

1.1.2 Назначение цеха 22 и программа выпуска изделий

Цех 22 является одним из механосборочных цехов ООО "Юргинский машзавод". Цех производит механическую обработку основных деталей горношахтного оборудования и часть деталей грузоподъемной техники

Годовая программа выпуска изделий представлена в таблице 1.

1.1.3 Характеристика производства, режим работы и фонд времени

Технологический процесс механической обработки корпуса ДР2500РЮ.16.20.000, существующий на производстве характеризуется тем, что обработка ведется на существующем оборудовании, т.е. нет станков, предназначенных специально для обработки данной детали. Поэтому такие показатели, как габариты обрабатываемых поверхностей, мощности станков и максимально обрабатываемые размеры несколько завышены.

В цехе 22 организован двухсменный режим работы. Продолжительность рабочего времени каждой смены 8 часов.

Фонд рабочего времени на 2016 год при пятидневной рабочей неделе составляет 1976 часа (247 рабочих дней).

1.1.4 Схема управления цехом 22 и краткая характеристика основных служб

Во главе цеха стоит начальник, которому подчинены заместитель по производству и заместитель по технической части. Основные обязанности начальника цеха – руководство производством, организация труда, подбор и расстановка рабочих кадров, ИТР и служащих, организация выполнения плановых заданий.

В функции заместителя по технической части входят вопросы технической подготовки производства – разработка и внедрение технологических процессов и оснастки, обеспечение участков цеха всей необходимой документацией, технологической оснасткой.

В функции заместителя по производству входит оперативное руководство работой цеха.

Вопросами экономического планирования и анализа занимается экономист цеха, а планированием труда и заработной платы – бюро труда и заработной платы. Оно занимается расчетом и внедрением норм на изготовление продукции цеха, а непосредственно начислением заработной платы всех работающих цеха занимается бухгалтерия.

Участок механика обеспечивает бесперебойную работу оборудования, режущего и вспомогательного инструмента, цеховых приспособлений. Также занимается ремонтом и обслуживанием имеющегося в цехе оборудования.

Участок энергетика обеспечивает работоспособность энергетической части оборудования, освещения, вентиляции, а также ремонт и обслуживание электрооборудования станков, грузоподъемных механизмов (краны, кран балки, укосины).

Технологическое бюро цеха занимается разработкой, внедрением технологических процессов в цехе, проверкой технологической дисциплины.

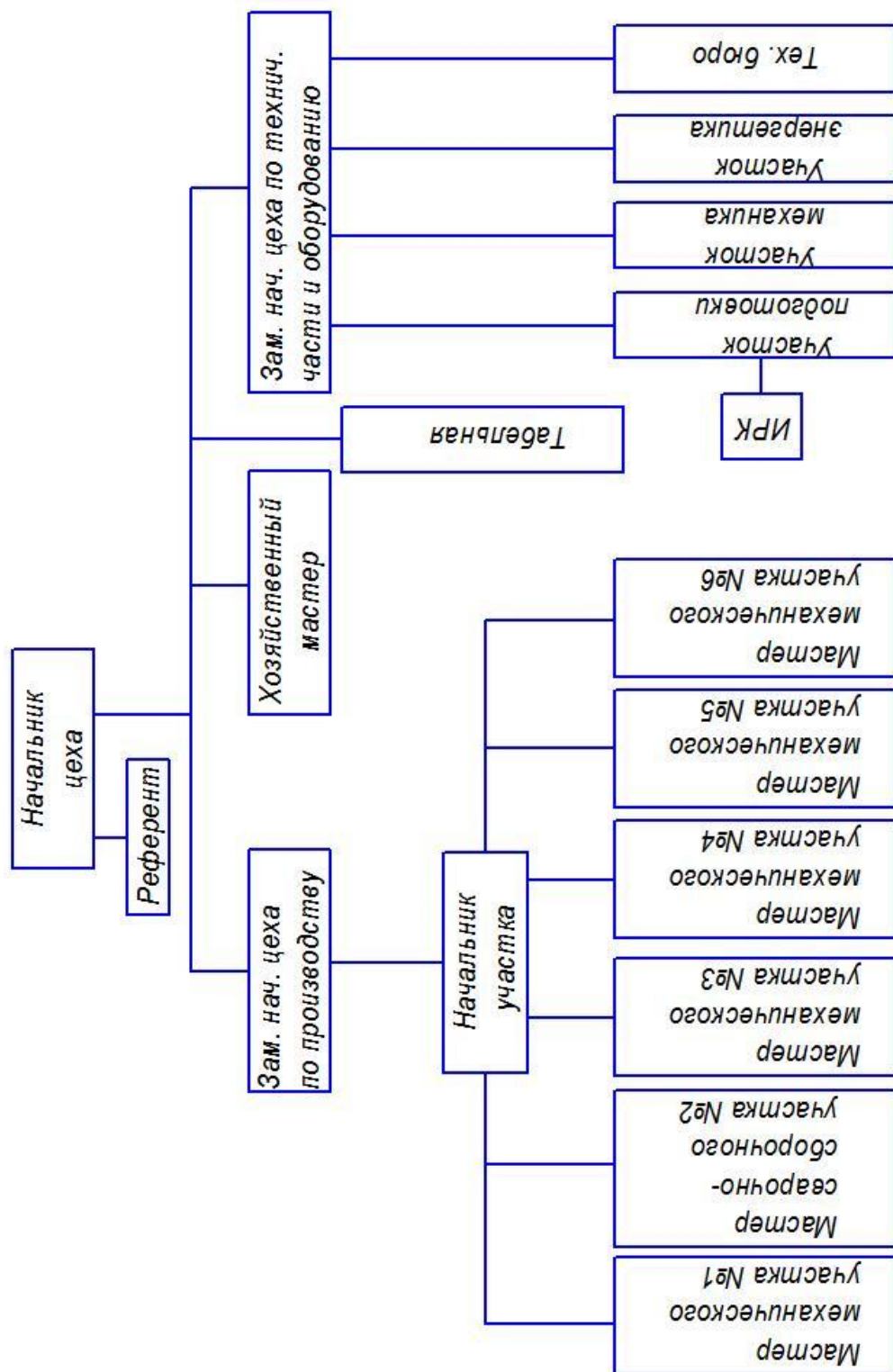


Рисунок 1 Схема управления цехом

1.2 Анализ исходных данных

1.2.1 Служебное назначение изделия

Корпус является базовой единицей редуктора дробилки кускового угля ДР2500РЮ.16.20.000 предназначена для дробления негабаритных кусков угля и породных включений, транспортируемых из очистного забоя конвейером.

Редуктор ДР2500РЮ.16.20.000СБ. представляет собой конический одноступенчатый редуктор, в корпусе которого размещаются элементы передачи. Входной вал-шестерня, смонтирован на двух роликовых радиально-упорных подшипниках в стакане. Он передаёт вращение на зубчатое колесо, установленное на пустотелом валу, опорами которого являются два роликовых радиально-упорных подшипника установленных в подшипниковых приливах корпуса ДР2500РЮ.16.20.000СБ. Регулировка зацепления выполняется при помощи набора прокладок. Установленная мощность механизма 200 кВт.

Корпус ДР2500РЮ.16.20.001/002, внутри которого размещаются элементы передачи, является базовой сборочной единицей редуктора входящего в привод дробилки ДР2500РЮ.

В отверстие диаметром 300Н7 на опоры качения устанавливается вал-шестерня в сборе. В отверстие диаметром 310Н7 - вал, на котором установлены коническое колесо и подшипники. В отверстия диаметром 26Н14 устанавливаются болты, крепящие половинки корпуса.

Корпус ДР2500РЮ.16.20.001/002 представляет собой отливку, выполненную из литейной стали 35Л ГОСТ 977-88.

Таблица 3 – Физико-механические свойства материала

Наименование свойства и единица измерения	Численное значение
Предел текучести σ_T , МПа	275
Временное сопротивление при растяжении σ_B , МПа	491
Плотность ρ , кг /м ³	$7,83 \cdot 10^3$
Ударная вязкость КСЧ, Дж/ см ²	69
Линейная усадка ε , %	2,2
Твёрдость, НВ	≈150

Применение стали 35Л: станины прокатных станков, зубчатые колёса, тяги, бегунки, задвижки, балансиры, диафрагмы, катки, валки, кронштейны и другие детали, работающие под действием средних статических и динамических нагрузок.

Свариваемость – ограничено свариваемая.

Флокеночувствительность – не чувствительна.

Обрабатываемость резанием: $K_{\text{ув.спл.}}=1,2$, $K_{\text{уб.ст.}}=0,9$.

1.2.2 Анализ технологичности изделия

Технологичность конструкции деталей обуславливается (по ГОСТ 14.201–83; 14.204–83; 14.205–83):

- рациональным выбором исходных заготовок и материалов;
- детали простой формы;
- рациональное обозначение размеров;
- назначением оптимальных размеров, форм и совместного расположения поверхностей.

методом обработки и измерения, удобства и точности базирования детали для обработки. Технологичность – понятие комплексное. Она оценивается качественно и количественно.

Анализ чертежа детали.

Чертеж содержит несколько видов детали, а также сечения, разрезы и выносные элементы, достаточные для представления детали. Размеры на чертеже полностью определяют форму и пространственное расположение обрабатываемых поверхностей. Деталь не содержит замкнутых размерных цепей. Шероховатость, точность и допуски пространственных отклонений поверхностей назначены в соответствии с их эксплуатационным назначением, однако на чертеже используются устаревшие стандарты. Поэтому следует заменить обозначения видов, сечений, разрезов и выносных элементов по новому стандарту, а также шероховатости. Технические требования на чертеже полностью обоснованы.

1.2.2.1 Качественная оценка технологичности

Качественная оценка технологичности корпуса ДР2500РЮ.16.20.001 показывает, что:

- для механической обработки не имеются явные удобные базы, а имеющиеся базовые поверхности отличаются недостаточными размерами
- конструкция детали допускает обработку поверхностей на проход;
- конструкция детали обеспечивает свободный доступ к обрабатываемым поверхностям, за исключением девяти гнёзд Ø 48 мм., и глубиной 2+2мм, близко расположенных к стенкам корпуса. Из чего следует, что при их обработке инструмент будет работать со значительным вылетом, что скажется на жёсткости системы, и как следствие на режимах резания;
- в деталях нет отверстий расположенных под углом к плоскости входа;
- деталь жесткая и её конструкция не ограничивает режимы резания;
- в корпусе имеются плоскости и отверстия, расположенные под тупыми углами, что не технологично;

- в детали имеется протяжённая цилиндрическая поверхность, под стакан, без занижения, что не технологично, так как увеличивает объём точной обработки;

- в деталях присутствуют глухие резьбовые отверстия, что является нетехнологичным, причём их доля составляет 47%, от общего количества отверстий полученных в результате механической обработки,

Как показала качественная оценка, конструкция детали в целом технологичная.

По этому показателю деталь технологична, так как $K_{им} > 0,7$.

Как показала количественная оценка, конструкция детали в целом технологичная.

1.2.3 Структура базового технологического процесса

Базовый технологический процесс изготовления изделия корпуса разработан для единичного типа производства. Он представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Технологический процесс механической обработки корпуса

№ Операции	Оборудование	Наименование операции	Содержание	Оснастка, инструменты...
1	2	3	4	5
005	Станок 2А637Ф 2	Фрезерная	- выставить деталь по поверхности 1 с точностью 1,5 мм. и закрепить; - фрезеровать деталь в размер 44 ± 2 согласно эскизам.	Болты, планки (подкладки). Угольник - подставка
010	Верстак (тиски)	Слесарная	- удалить заусенцы, притупить острые кромки; - маркировать индекс изделия, № детали, № заказа согласно эскизам к операции 05.	
015	Станок	Фрезерно	- выверить деталь по фланцам Ф с	Болты,

	2А637Ф 2	- расточная	точностью 1 мм. относительно поперечной подачи станка; - закрепить деталь к столу и угольнику; - фрезеровать основание в размер $20 \begin{smallmatrix} +1 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$ согласно эскизу; - фрезеровать занижение согласно эскизам; - развернуть деталь на 180°, выверить с точностью 0,2 мм. по поверхности А и закрепить; -фрезеровать плоскость в размер $335 \begin{smallmatrix} +0,3 \\ -0,2 \end{smallmatrix}$.	планки (подкладки). Угольники-подставка.
020	Верстак (тиски)	Слесарная	- удалить заусенцы, притупить острые кромки.	
025	Плита разметочная	Разметочная	- разметить окно 62×133 , уступ в размер 154 ± 1 (см. эскиз к операции 030).	
030	Станок 2А637Ф 2	Сверлильно-фрезерная	- установить деталь на стол станка и закрепить; - сверлить и фрезеровать сквозное окно согласно эскизу.	Болты, планки (подкладки).

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
				Угольники-подставка.
035	Верстак	Слесарная	-удалить заусенцы, притупить острые кромки.	
040	Плита (шабровочная)	Слесарная	-шабровать 2 плоскости в размеры 20 ± 1 мм, $335 \pm 0,3$ мм. согласно эскизу к операции 015. Отметить выполнение в маршрутной карте.	
045	Верстак	Слесарн.	- собрать сборку	
050		Сварочная	- прихватить сборку согласно т.п. бюро сварки; - маркировать обе детали одним порядковым номером.	
055	Плита разметочная	Разметочная	- разметить 9 отверстий $\varnothing 26H14$ мм.; 2 отверстия $M30 \times 2-7H$ мм, $M24-7H$ мм. и $\varnothing 16H10$ мм; - кернить центры отверстий.	
060	Станок 2М55	Сверлильная	- установить сборку на стол станка с точностью 0,2 мм. и закрепить; - сверлить 9 отверстий $\varnothing 26H14$ мм. согласно эскизу (л. 2 А, И-И); - сверлить 2 отверстия $\varnothing 15H14$ ($16H10$) мм согласно эскизу (л. 2 А, Л-Л); - сверлить отверстие $\varnothing 27,9$ ($M30 \times 2-7H$) мм согласно эскизу (л. 2 А, К-К); - сверлить отверстие $\varnothing 20,85$ ($M24-7H$) мм на глубину 56^{+3} мм. (л. 2 А, К-К); - зенкеровать 9 цековок $\varnothing 48$ мм. на глубину 2 мм. (л.2 А, И-И); - зенкеровать фаски $2,5 \times 45^\circ$ и $120^\circ \pm 5$ согласно эскизу (л. 2 К-К); - развернуть 2 отверстия $\varnothing 16H10$ мм. конусностью 1:50 (л.2 А, Л-Л); - открепить деталь, перевернуть на 180° , выверить с точностью 0,2 мм. и закрепить;	Болты, планки. Развёртка 033-254

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
			- сверлить отверстие Ø28 мм. согласно эскизу (л. 3 Б, К-К); - зенкеровать 9 цековок Ø48 мм. на глубину 2 мм (л. 3 Б, И-И).	
065	Верстак	Слесарная	- удалить заусенцы, притупить острые кромки; - установить 2 штифта 2,16×40 ГОСТ 3129-70; - установить штатный крепёж: 9 болтов М24-6g 75.58.45.019; 9 гаек М24-6Н.5.45.019 ГОСТ 5915-70; 9 шайб 24.65Г.019.	
070	Плита разметочная	Разметочная	- разметить 2 отверстия Ø305 мм.; Ø445 мм., размер 143,5±1 мм.; 256±0,5 мм; - кернить размеры 143,5 ±1 мм и 256±0,5, отверстия Ø305 мм и Ø445 мм.	
075	Станок 2А637Ф 2	Расточная	- выставить деталь по плоскости Д с точностью 1,5 мм. и закрепить; - фрезеровать торец в размер 143,5±1 мм. (л. 2 Б-Б); - расточить отверстие Ø305 мм. на проход (л. 2 Б-Б); - повернуть стол станка на 90°; - фрезеровать торец в размер 42±1,5 мм (л.1), выдерживая размер 522±0,5 (л.2 Б-Б); - расточить отверстие Ø195^{+0,5} мм. на проход, выдерживая размер 256±0,5 (л. 2 Б-Б); - расточить отверстие Ø405^{+0,5} мм. глубиной 16±0,3 (л.2 Б-Б); - расточить отверстие Ø445^{+0,5} мм. глубиной 10±0,3 (л.2 Б-Б).	Болты, планки
080	Станок 2А637Ф 2	Расточная	- установить деталь на станок, выверить с точностью 1,5 мм. и закрепить; - расточить отверстие Ø406^{+0,5} мм. в размер 370₋₁ мм (л.2 Б-Б).	Болты, планки, подкладки и

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
085	Станок 2А637Ф 2	Расточная	- установить деталь на станок, выверить с точностью 1,5 мм. и закрепить; - фрезеровать плоскость в размер 32 ± 1 мм. (л. 1); - сверлить 8 отверстий $\varnothing 10,2^{+0,36}$ мм. (Б; Ш-Ш л. 2); - сверлить 8 фасок $2 \times 45^\circ$ согласно эскизу (Б; Ш-Ш л. 2); - открепить сборку, перевернуть на 180° и закрепить; - повторить переходы 1, 2, 3.	Болты, планки, подкладки и
090	Верстак	Слесарная	- удалить заусенцы, притупить острые кромки.	
095	Станок КСУ150 /1 (UNION)	Расточная	- установить сборку на стол станка, выставить по $\varnothing 305^{+0,5}$ ($\varnothing 310H7$) и торцу К, закрепить; - фрезеровать торец в размер $141,5 \pm 1$ мм. (Б-Б л. 2); - расточить отверстие $\varnothing 310H7$ мм на глубину $365 \pm 0,5$ мм. Снять фаску $1,6 \times 45^\circ$ (Б-Б л. 2); - сверлить 6 отверстий $\varnothing 20,85^{+0,53}$ мм. (л. 4 П, Ю-Ю); - обработать 2 отверстия согласно эскизу (л. 4 П, Э-Э); - повернуть стол станка на 90°; - фрезеровать плоскость в размер $40 \pm 1,5$, выдерживая размер $520 \pm 0,5$; - расточить отверстие $\varnothing 200H7$, выдерживая размер $254 \pm 0,5$ мм (л. 2 Б-Б); - расточить отверстие $\varnothing 450H9$ мм. глубиной $10 \pm 0,5$ мм., снять фаску (л. 2 Б-Б); - обработать канавку $\varnothing 310$ мм, $\varnothing 400$ мм. согласно эскизу (л. 2, Б-Б);	Болты, планки.

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

			- сверлить 8 отверстий Ø22H14, 8 отверстий Ø13,9 ^{+0,4} мм. на глубину 43+2 мм. (л. 3 В, М-М, Н-Н).	.
100	Станок KCU150 /1 (UNION)	Расточная	- установить сборку на стол станка, выставить по Ø310H7 и закрепить; - расточить отверстие Ø408H14 мм. Снять фаску 1,6×45 (л. 1); - сверлить 6 отверстий 13,9 ^{+0,4} мм. (л. 2 Д-Д, Т).	Болты, планки.
105	Верстак	Слесарная	- удалить заусенцы, притупить острые кромки.	
110	Станок 2М55	Сверлильная	- установить сборку на стол станка и закрепить; - нарезать резьбу М30×2-7Н мм. в отверстии Ø27,9 ^{+0,4} мм. глубиной 20 min (см. эскиз к операции 060 л. 3); - нарезать резьбу М24 -7Н в отверстии Ø20,85 ^{+0,53} мм. глубиной 47 min (см. эскиз к операции 060 л. 3); - открепить сборку, перевернуть на 180° и закрепить; - повторить переходы; - открепить сборку, перевернуть на 90° и закрепить; - нарезать резьбу М20×1,5-6Н мм. в 2 отверстиях 18,43 ^{+0,22} мм. глубиной 16 min (см. эскиз к операции 095 л.4); - открепить сборку, перевернуть на 180° и закрепить; - повторить переход;	Метчик М30×2 СТП 406-1503 Болты, планки подкладк и. Патрон 45 СТП 406-2014-75 Калибр 152-3053 (набор шупов) для М30×2-7Н.
115	Верстак	Слесарная	- нарезать резьбу М16-7Н мм. в 6 отверстиях Ø13,9 ^{+0,3} мм. глубиной 27 min (см. эскиз к операции 100 л.2 Т, Д-Д); - нарезать резьбу М16-7Н мм. в 8 отверстиях Ø13,9 ^{+0,3} мм. глубиной 35 min (см. эскиз к операции 095	

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

			л.3 В, Н-Н); - нарезать резьбу М12-7Н мм. в 16 отверстиях $\varnothing 10,2^{+0,36}$ мм. глубиной 16 min (см. эскиз к операции 085 л. 2); - удалить заусенцы, притупить острые кромки; - полировать на фаске R0,4 мм (см. эскиз к операции 095 л. 2 Ц).	
120	Плита контрольная	Контрольная	- проверить детали согласно требованиям чертежа, техпроцесса и маршрутной карты; - проверить совместное выполнение размеров в квадратных скобках по маршрутной карте; - оформить приёмку деталей (по мехобработке).	
125		Покрытие	- по отдельному техпроцессу бюро покрытий.	
130		Консервация	- обработанные поверхности покрыть тонким слоем машинного масла (защита от коррозии).	
135	Плита контрольная	Контрольная	- проверить выполнение всех операций по отметкам в маршрутной карте; - проверить марку материала по сопроводительной документации; - оформить окончательную сдачу деталей.	

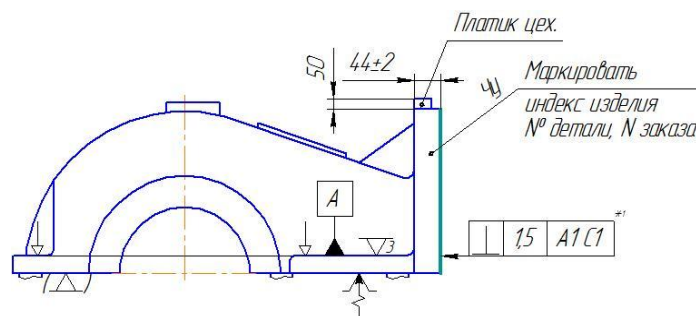


Рисунок 2 Эскиз обработки детали на 005 операции

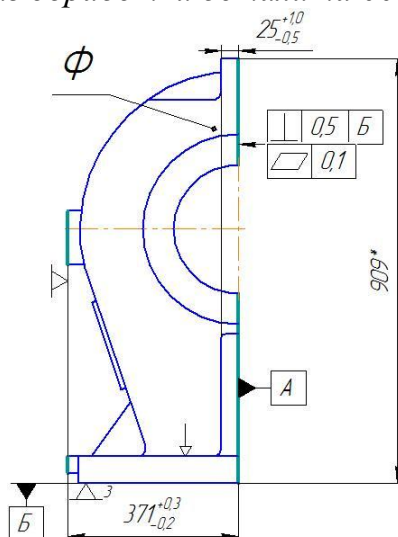


Рисунок 3 Эскиз обработки детали на 015 операции

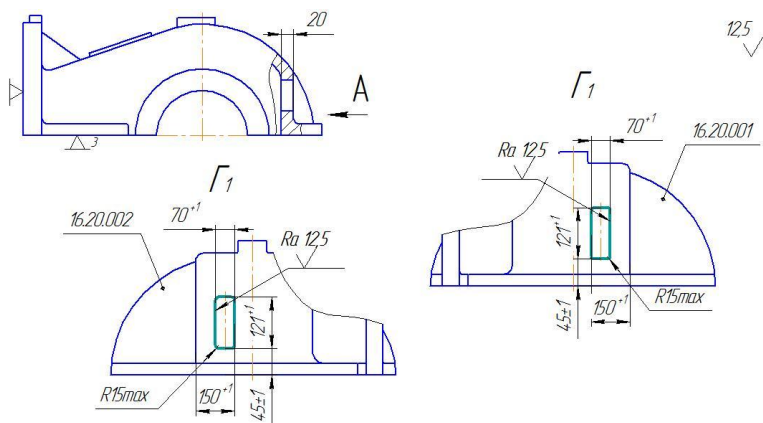


Рисунок 4 Эскиз обработки детали на 030 операции

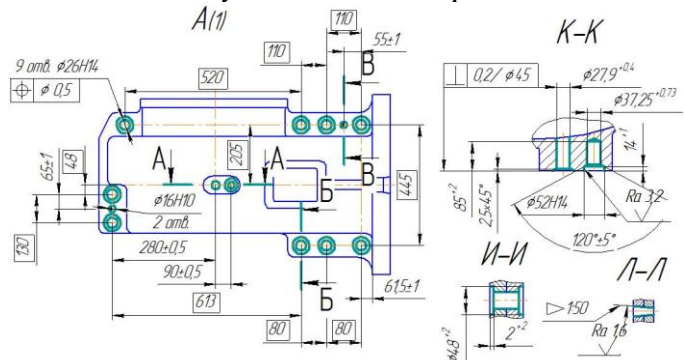


Рисунок 5 Эскиз обработки детали на 060 операции

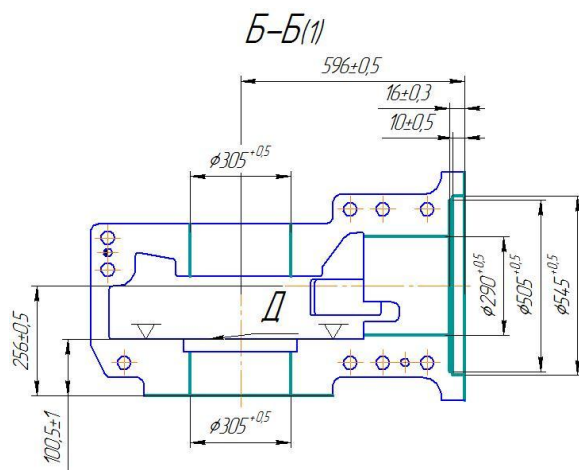


Рисунок 6 Эскиз обработки детали на 075 операции

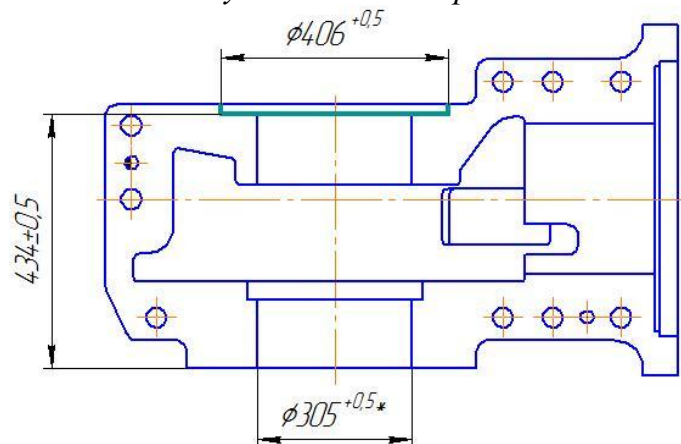


Рисунок 7 Эскиз обработки детали на 080 операции

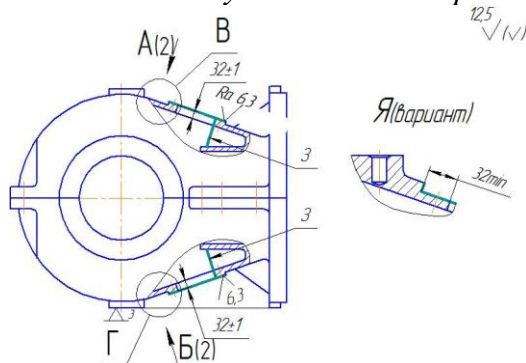


Рисунок 8 Эскиз обработки детали на 085 операции

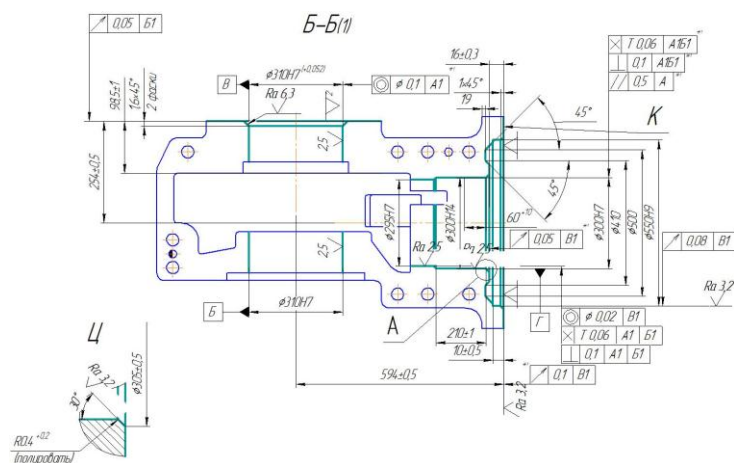


Рисунок 9 Эскиз обработки детали на 095 операции

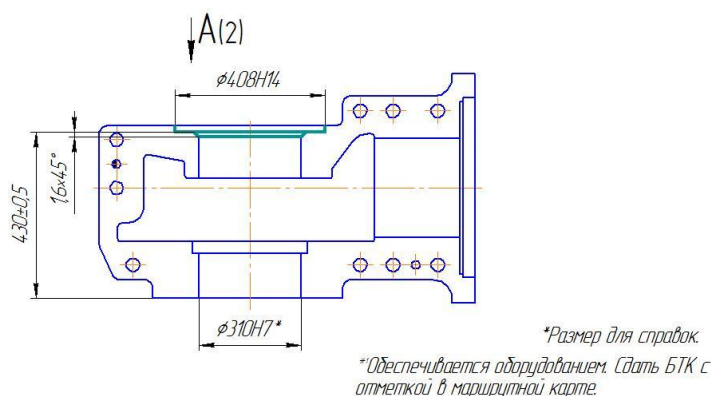


Рисунок 10 Эскиз обработки детали на 100 операции

Для обработки детали применяются универсальные станки (2А637Ф2, 2Н55). При разработке выпускной квалификационной работы необходимо использовать более новое оборудование. При изготовлении детали используются специальные приспособления. Широко применяется стандартизованный режущий инструмент: фрезы, сверла, резцы. Материал режущей части Р6М5, Т5К10, Т15К6. Режимы резания соответствуют материалу режущей части инструмента. Возможно применение прогрессивных вариантов режущих инструментов и инструментальных материалов.

При этом соблюдаются все принципы базирования.

В общем, базовые технологические процессы вполне рациональны в условиях ОАО «Юрмаш»

1.3 Технологическое проектирование

1.3.1 Выбор заготовки и метода ее получения

Правильный выбор способа получения заготовки оказывает полноту и влияние на возможность оптимального построения

В заготовке полученной прокатом структура материала однородна, благодаря чему деталь более прочная.

Рассматриваем два варианта получения заготовки:

а) литье в песчано-глинистые формы с ручной формовкой.

Материал - Сталь 35Л ГОСТ 977-88;

Группа сложности – 3, по [5, стр.132];

Класс точности отливки – III, по [5, стр.182];

Качество поверхности отливки (R_z+h , мкм.) – 700, по [5, стр.182];

Ряд припусков – 13;

Результат проектирования в таблице 5, размеры заготовки округлены с учётом припуска в большую сторону, с точностью 0,7 мм.

Для последующих расчётов необходимо знать массу заготовки. Определяем массу по формуле:

$$m_3 = m_d + m_{стр}, \quad (2)$$

где m_d - масса детали;

$m_{стр}$ - масса срезаемой стружки, которая определяется по формуле:

$$m_{стр} = V \cdot \rho, \quad (3)$$

где V – объём детали, см³;

ρ – плотность материала детали, для материала Сталь 35Л – $\rho = 7,85$ г/см³.

Объём заготовки определяем с помощью построения модели в программе «Компас-3D». $V=4,6$ см³

$$m_{стр} = 4,6 \cdot 7,85 = 36,11 \text{ кг.}$$

Масса детали равна 112,245 кг.

$$m_3 = 112,245 + 36,11 = 148,4 \text{ кг.}$$

Масса заготовки равна 149 кг.

Определяем коэффициент использования металла (КИМ):

$$K_{им} = \frac{m_d}{m_{заг}} \quad (4)$$

где m_d — масса детали;

$m_{заг}$ — масса заготовки.

$$K_{им} = \frac{112,245}{148,4} = 0,756$$

Технологическая себестоимость заготовки:

$$S_m = \frac{m_d}{K_{им}} \cdot \left(C_{заг} + C_c \cdot (1 - K_{им1}) \right), \text{руб} \quad (5)$$

где m_d – масса детали;

$C_{заг} = 12,5$ руб. – стоимость 1 кг стали 35Л (оптовая цена закупки);

$C_c = 20,56$ руб/кг стоимость срезания 1 кг стружки при механической обработке в среднем по машиностроению. Средняя цена 1991 г составляла 0,495 руб/кг, с учётом инфляции 4154% (по данным «Росстата» за 1991-2012годы) получаем 20,56 руб/кг.

$$S_T = \frac{112,245}{0,756} \cdot [12,5 + 20,56 \cdot (1 - 0,756)] = 2601 \text{ руб}$$

б) литье в песчано-глинистые формы с машинной формовкой

Материал - Сталь 35Л ГОСТ 977-88;

Группа сложности – 3, по [5, стр.132];

Ряд припусков – 9;

Масса детали – 112,245 кг.

Результаты проектирования в таблице 6, причём, размеры заготовки округлены с учётом припуска в большую сторону, с точностью 0,5 мм.

$$K_{им} = \frac{112,245}{131,76} = 0,852$$

Технологическая себестоимость заготовки по формуле (5):

$$S_T = \frac{112,245}{0,852} \cdot [12,5 + 20,56 \cdot (1 - 0,852)] = 2048 \text{ руб.}$$

Операция 005. Фрезерно-сверлильная с ЧПУ.

Заготовка базируется по трем плоскостям

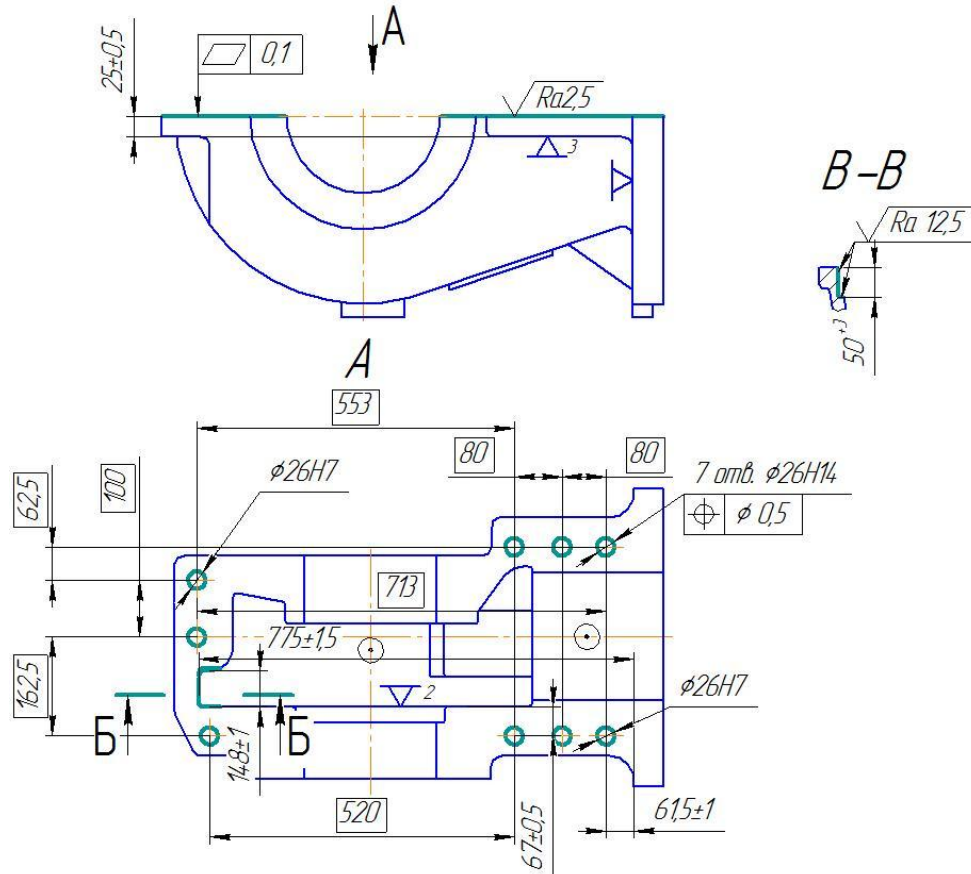


Рисунок 11 Схема установки для 005 операции

На линейный размер измерительная и технологическая базы совпадают, поэтому погрешность базирования равна нулю, $\varepsilon_6 = 0$.

Требование плоскостности обеспечивается оборудованием.

Операция 015. Фрезерно-сверлильная с ЧПУ

Базирование осуществляется на плоскость и два пальца Ø26f7—цилиндрический и ромбический, в специальное приспособление (рисунок 3).

Технологическое отверстие в заготовке выполняем Ø26H7, верхнее отклонение +0,021 мм, нижнее 0 мм.

Цилиндрический и срезанный палец выполняют в размер Ø26f7; верхнее отклонение -0,02, нижнее отклонение -0,041.

$$S_{\max.ц} = \frac{(0,021 + 0,041)}{2} = 0,031 \text{ мм.}$$

$$Y_{\max} = \tan^{-1} \cdot \left(0.5 \cdot \frac{S_{\max .u} + S_{\max .u}}{L} \right), \quad (6)$$

$$Y_{\max} = \tan^{-1} \cdot \left(0.5 \cdot \frac{0.031 + 0.031}{687} \right) = 0.00259^{\circ} \approx 9.3''.$$

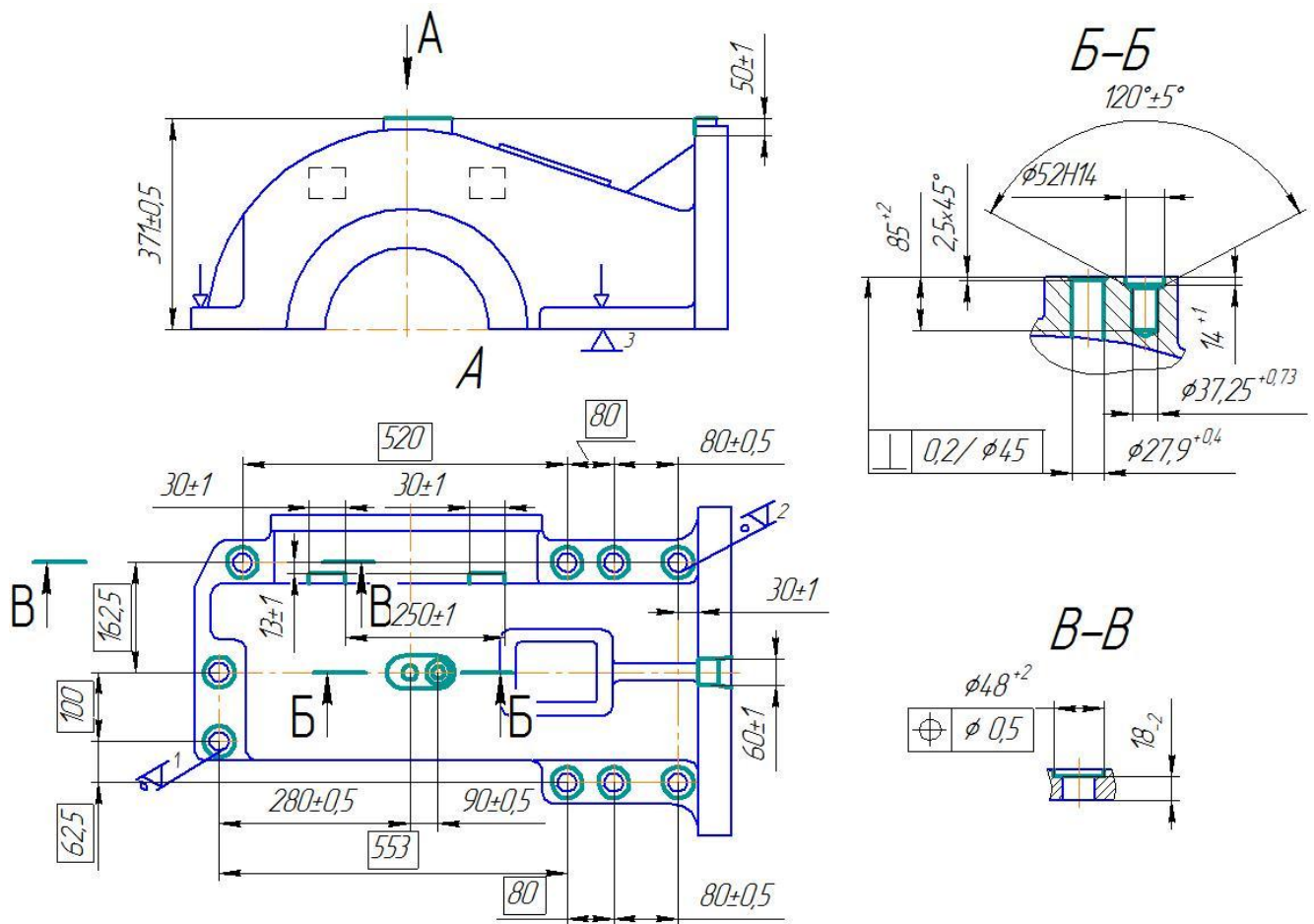


Рисунок 13 Схема установки для 015 операции

Для всех размеров погрешность базирования равна нулю.

Операция 030. Сверлильно-фрезерно-расточная с ЧПУ

Базирование осуществляется по трём плоскостям в специальное приспособление (рисунок 4).

Для третьего пункта технических требований $\varepsilon_6 = 2\text{ мм}$.

Погрешность базирования остальных размеров равна нулю, а также все требования, обеспечиваются обработкой за один установ.

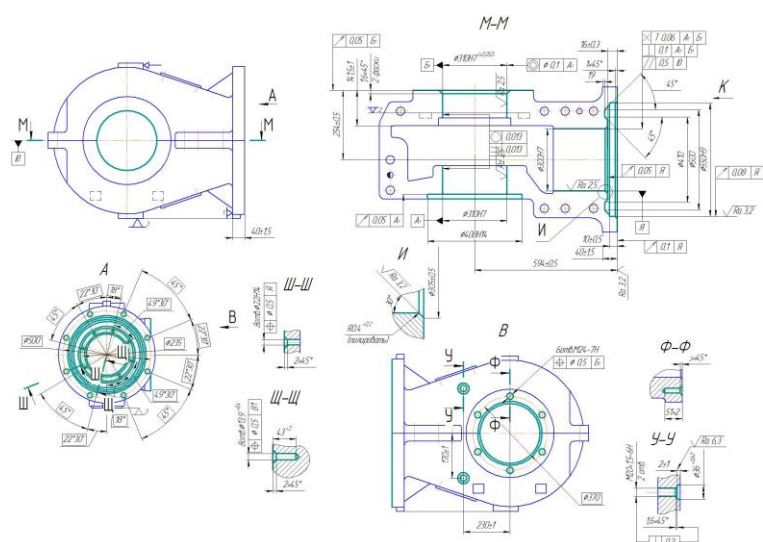


Рисунок 14 Схема установки для 030 операции

Операция 040. Сверлильно-фрезерно-расточная с ЧПУ.

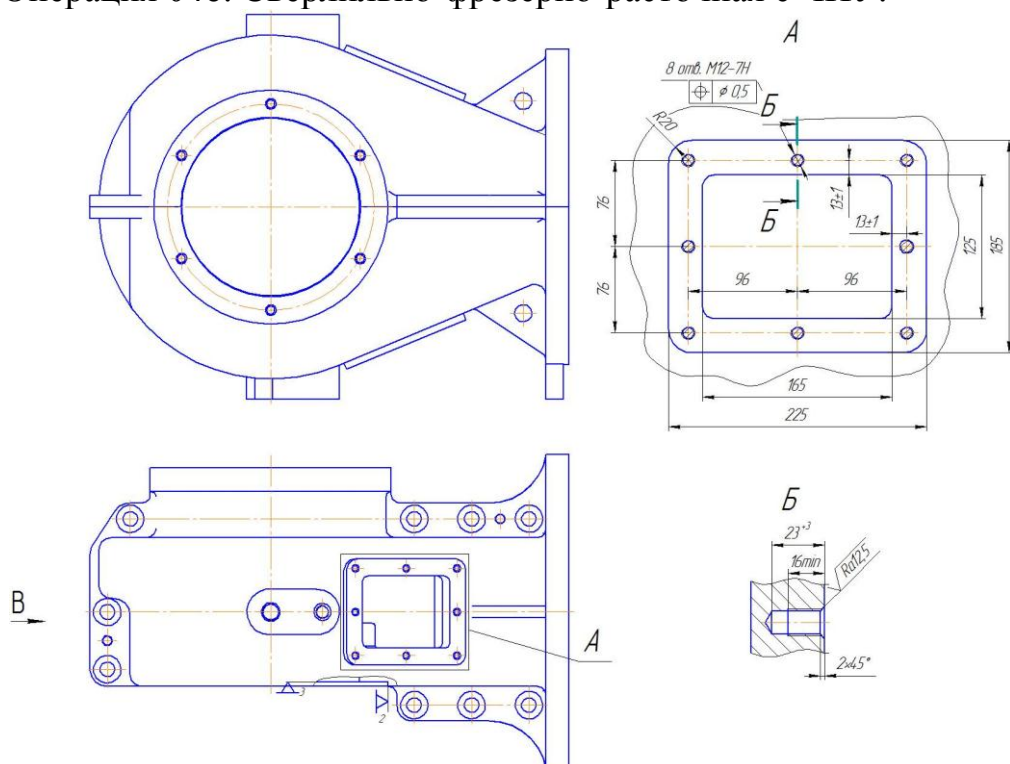


Рисунок 15 Схема установки для 040 операции

Погрешность базирования на угловой размер $22^{\circ}30'$ составляет $10'$, на размер 100 ± 2 мм, $12 \pm 0,43$ мм, $32 \pm 1 \pm 1,3$ мм. Для остальных размеров погрешность базирования равна нулю.

Наименование операции	Содержание операции	Оборудование
1	2	3

005 Сверлильно-фрезерно-расточная с ЧПУ	1 Фрезеровать поверхность, выдерживая размер $27 \pm 0,5$ мм; 2 Фрезеровать поверхность, выдерживая размер $25 \pm 0,5$ мм; 3 Фрезеровать карман, выдерживая размеры 148 ± 1 мм, $775 \pm 1,5$ мм и 50 ± 3 мм; 4 Сверлить 2 отверстия $\varnothing 25,7H9$ мм; 5 Развернуть 2 отверстия $\varnothing 26H7$ мм; 6 Сверлить 7 отверстий $\varnothing 26H14$ мм.	сверлильно-фрезерно-расточной станок V800
010 Слесарная	Снять заусенцы, притупить острые кромки, маркировать индекс изделия, № детали.	верстак, электрическая машинка
015 Сверлильно-фрезерно-расточная с ЧПУ	1 Фрезеровать поверхность, выдерживая размер $371 \pm 0,5$ мм; 2 Фрезеровать поверхность, выдерживая размеры 50 ± 1 мм, 40 ± 1 мм; 3 Фрезеровать платики в размер 13 ± 1 мм; 4 Сверлить отверстие $\varnothing 28$ мм, на проход; 5 Центровать поверхность в размер $90 \pm 0,5$ мм; 6 Сверлить отверстие $\varnothing 30$ мм, выдерживая размер 10 ± 1 мм; 7 Сверлить отверстие $\varnothing 21$ мм, выдерживая размер 56 ± 3 мм; 8 Зенковать фаску $2,5 \times 45^\circ$ мм; 9 Фрезеровать резьбу M30×2-7H мм; 10 Фрезеровать резьбу M24-7H мм; 11 Сверлить 9 гнезд, в размеры $\varnothing 48 \pm 2$ мм, 2 ± 2 мм.	сверлильно-фрезерно-расточной станок V800
020 Слесарная	1 снять заусенцы, притупить острые кромки	верстак, электрическая машинка

Продолжение таблицы 7

1	2	3
025 Сборочная		
№ пере- хода	Содержание операции	Оборудование
001	Застропить корпус ФЮРА.390242.002, установить на подставку для сборки, отстропить.	Строп, сборочный стол, рукавицы брезентовые
002	Застропить корпус ФЮРА.390242.001, установить на корпус ФЮРА.390242.002, совместить детали по торцам с точностью 1,5 мм, отстропить.	Строп, рукавицы брезентовые
003	Взять 7 болтов установить их в отверстия фланцев.	рукавицы брезентовые
004	Взять 7 шайб надеть их на болты.	рукавицы брезентовые
005	Взять 7 гаек навернуть на 2-3 нитки, вручную.	рукавицы брезентовые
006	Затянуть 7 гаек.	рукавицы брезентовые, 2 ключа торцевых S36
007	Сверлить 2 отверстия Ø15,75 мм.	сверло 2300- 0757 , электрическая сверлильная машинка, очки защитные
008	Развернуть 2 отверстия Ø16H10 мм, с конусностью 1:50.	Развёртка 2372- 0019, вороток
009	Снять заусенцы.	Очки защитные, напильник 2820-0032, рукавицы брезентовые
0010	Запрессовать 2 штифта, вручную.	Молоток 7850- 0116
0011	Маркировать детали одним порядковым номером.	Молоток 7850- 0116, клейма 7858-0127;

Продолжение таблицы 7

1	2	3
0012	Застропить сборку, переместить в тару, отстропить.	Строп, тара, рукавицы брезентовые
030 Горизонтально-расточная с ЧПУ	Позиция I 1 Фрезеровать поверхность в размер 141, 5±1 мм; 2 Фрезеровать отверстие Ø309Н9 мм, предварительно; 3 Фрезеровать фаску 2,1×45°; 4 Сверлить 6 отверстий Ø21 мм; 5 Зенковать 6 фасок 3×45°; 6 Фрезеровать резьбу М24-7Н мм в 6 отверстиях; 7 Сверлить 2 отверстия Ø18,5 мм; 8 Фрезеровать 2 ступени Ø36Н14 мм глубиной 2+1; 9 Зенковать 2 фаски 1,6×45°; 10 Фрезеровать резьбу М20×1,5-6Н мм в 2 отверстиях. Позиция II 14 Сверлить отверстие Ø30 мм, выдерживая размер 19 мм; 15 Фрезеровать кольцевую канавку выдерживая размеры: 19 мм, Ø500 мм, Ø410 мм; 16 Фрезеровать занижение выдерживая размер 16±0,3 мм; 17 Фрезеровать фаску 1×45°; 18 Фрезеровать фаску 5×45°, на диаметре 410 мм; 19 Фрезеровать фаску 11×45°, на диаметре 500 мм; 20 Расточить отверстие Ø299Н9 мм; 21 Расточить отверстие Ø300Н7 мм; 22 Фрезеровать фаску 2,5×30°; 23 Сверлить 8 отверстий Ø22Н14 мм; 24 Сверлить 8 отверстий Ø14 мм; 25 Зенковать 16 фасок 2×45°; 26 Фрезеровать резьбу М16-7Н мм в 6	Горизонтально-расточной станок с ЧПУ WRD-150Q

Продолжение таблицы 7

1	2	3
	отверстиях. Позиция III 27 Фрезеровать торцевую выточку Ø408H14 мм, глубиной 16,5 мм; 28 Фрезеровать отверстие Ø309H9 мм, предварительно; 29 Расточить 2 отверстия Ø310H7 мм, окончательно; 30 Фрезеровать фаску 1,6×45°; 31 Сверлить 6 отверстий Ø14 мм; 32 Зенковать 6 фасок 2,5×45°; 33 Фрезеровать резьбу M16-7H мм в 6 отверстиях.	
035 Слесарна я	1 Снять заусенцы, притупить острые кромки.	верстак, электрическая машинка
040 Сверлиль но- фрезерно-	Позиция I 1 Фрезеровать поверхность, выдерживая размер 32±1 мм; 2 Сверлить 8 отверстий Ø10,2 мм;	сверлильно- фрезерно- расточной станок ИР800
расточная с ЧПУ	3 Зенковать 8 фасок 2×45°; 4 Фрезеровать резьбу M12-7H мм в 8 отверстиях. Позиция II Повернуть стол на 135° против часовой стрелки 5-8 Повторить переходы позиции I.	
045 Слесарна я	1. снять заусенцы, притупить острые кромки	верстак, электрическая машинка
050 Контроль ная	1. проверить детали согласно требованиям чертежа, техпроцесса и маршрутной карты. 2. проверить совместное выполнение размеров в квадратных скобках по маршрутной карте.	плита контрольная

1.3.4 Выбор оборудования

Таблица 8 – Характеристика сверлильно-фрезерно-расточного станка 800V

Наименование параметра	Значение
Программируемые перемещения:	
- X—подача стола продольно, мм;	1000
- Y— подача стола поперечно, мм;	570
- Z—поперечное перемещение шпиндельной бабки, мм.	600
Параметры стола:	800×1250
;	600
- ширина зажимных пазов, мм;	730
- шаг T– образных пазов, мм.	5
	18H8
	18H12
	100±0,3
Привода подачи:	
- рабочие подачи, мм/мин;	1-15000
- ускоренные перемещения, м/мин.	15-25
Устройство АСИ , устанавливаемый в магазин (без пропуска гнёзд	20
	7
	125(80)
	250
	10
Класс точности	H
Габаритные размеры (Ш×Д×В), мм	2700×3600×3210
Общая масса, кг	8400

Таблица 9– Характеристики Сверлильно-фрезерно-расточного станка ИР800

Наименование параметра	Значение
1	2
Программируемые перемещения:	

- X—	
- B—	
- шаг сетки крепёжных отверстий, по ГОСТ 27218-87, мм; - диаметр центрирующего отверстия, мм; - диаметр поверочного отверстия, мм; - диаметр резьбы крепёжных отверстий.	800×800 1600 0,001 125 50H7 25H7 M16
Главный привод:	
Привода подач:	
Устройство АСИ устанавливаемый в магазин (без пропуска гнёзд), мм; - инструмента устанавливаемого в магазин, кг.	64 18 315(125) 400 25
Система подачи СОЖ:	
Габаритные размеры (Ш×Д×В), мм	

Таблица 10 – Характеристика горизонтально-расточного станка WRD-150Q

Наименование параметра	Значение
Диаметр рабочего шпинделя, мм Диапазон оборотов рабочего шпинделя, об/мин Мощность главного двигателя, кВт Перемещение ползуна Z, мм Перемещение рабочего шпинделя W, мм Вертикальное перемещение шпиндельной головки Y, мм Поперечное перемещение станины X, мм Диапазон рабочих подач, мм/мин Максимальный вес обрабатываемой детали, кг Размеры стола, мм Количество инструментов в магазине, шт Максимальный диаметр инструмента, мм	

Вес станка, кг	
----------------	--

Средства технологического оснащения, необходимые для изготовления детали.

Таблица 11 – Средства технологического оснащения

№ операции	Средства технологического оснащения
1	2
005	Приспособление сверлильно-фрезерное ФЮРА.390.234.004; Фреза торцевая R245-125Q40-12М; Фреза концевая твердосплавная R216.25-25050GCL54Р; Фреза торцевая R245-125Q40-12Н;
015	Сверло R411.5-25534D25.70; Развёртка 830А-Е06D2600Н7S16 (z=6); Сверло 880-D2600L32-02; ШЦ-250-0,1 ГОСТ 166-80; Калибр-пробка 8133-1027 Ø26Н7 ГОСТ 14811-69 (ПР-НЕ); Образцы шероховатости ГОСТ 9378-75; СОЖ: 5% раствор эмульсола ВЕЛС-I (ТУ 38.00145843017-94); Тара 1-1-120-100-50-0,50М ГОСТ 14861-91; Кран-укосина – 0,5 т. Приспособление специальное; Сверло 2300-0713 Ø10 ГОСТ 4110-77; Фреза концевая твердосплавная R216.24-20050CCC32Р; Фреза торцевая R245-100Q32-12М; Сверло 880-D2800L32-03; Зенковка 2353-0136

1	2
	Фреза резьбовая R217.15C190300AK50N; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-75; СОЖ: 5% раствор эмульсола ВЕЛС–I (ТУ 38.00145843017–94); Тара 1-1-120-100-50-0,50М ГОСТ 14861-91; Кран-укосина – 0,5 т.
030	Приспособление сверлильно-фрезерно-расточное ФЮРА.390.234.007; Фреза R390-080Q27-17М; Фреза концевая твердосплавная R216.24-20050-CCC32P; Фреза концевая твердосплавная R216.38-25045-AK95N; Чистовой расточной инструмент CoroBore 825, Ø250-315; Фреза для снятия фасок R215.64-32A32-4512; Фреза для снятия фасок R215.64-36A32-6012; Сверло 880-D2800L32-03; Сверло 880-D2100L25-02; Зенковка 2353-0136 ГОСТ 14953-80; Фреза резьбовая R217.15C190300AK50N; Сверло 880-D1185L25-02; Сверло 880-D1400L20-03 Фреза резьбовая R217.15C120200AK34N;; Фреза торцевая R245-063Q22-12H;
	Фреза концевая твердосплавная R215.38-20050-ACL38L; Сверло 880-D30000L32-02; Фреза резьбовая гребенчатая M20×1,5-6H ФЮРА.350098.006; Калибр 8140-0123 Н7 ГОСТ 14822-69 (Ø200, ПР); Калибр 8140-0184 Н7 ГОСТ 14823-69 (Ø200, НЕ); Калибр 8140-0222 Н7 ГОСТ 14824-69 (Ø310, ПР); Калибр 8140-0272 Н7 ГОСТ 14825-69 (Ø310, НЕ); ШЦ-250-0,1 ГОСТ 166-80; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-75; СОЖ: 5% раствор эмульсола ВЕЛС–I (ТУ 38.00145843017–94);

Продолжение таблицы 11

1	2
	Тара 1-1-120-100-50-0,50М ГОСТ 14861-91; Кран-укосина – 0,5 т.
040	Фреза торцевая R245-063Q22-12М; Сверло R840-1020-30-A1A; Зенковка 2353-0136 ГОСТ 14953-80; Фреза резьбовая R217.14C09517AK26N; Сверло 880-D30000L32-02; Фреза концевая твердосплавная R216.25-25050-GCL54P; ШЦ-250-0,1 ГОСТ 166-80; Образцы шероховатости ГОСТ 9378-75; СОЖ: 5% раствор эмульсолаВЕЛС-I (ТУ 38.00145843017-94); Тара 1-1-120-100-50-0,50М ГОСТ 14861-91; Кран-укосина – 0,5 т.

1.4 Инженерные расчеты

1.4.1 Расчёт припусков

Общие припуски $Z_{Omin}=4552$ мкм, $Z_{Omax}=7700$ мкм.

Проверка расчёта припусков:

$$Z_{Omax} - Z_{Omin} = Td_{заг} - Td_{дет}, \quad (8)$$

где Z_{Omin} , Z_{Omax} — минимальный и максимальный общие припуски;

$Td_{заг}$, $Td_{дет}$ — допуски заготовки и детали.

$$Z_{Omax} - Z_{Omin} = 7700 - 4552 = 3148 \text{ мкм}$$

$$Td_{заг} - Td_{дет} = 3200 - 52 = 3148 \text{ мкм.}$$

Технологический переход обработки поверхности	Элементы припуска, мкм.				Мин. припуск Z_{min} , мкм.	Расчётный максимальный размер, мм.	Допуск Td , мкм.	Предель- ные размеры, мм.		Предель- ные значения припуск- ов, мкм.	
	Rz	h	Δ_{Σ}	ε				min	max	Z_{max}	Z_{min}

Заготовка IT16	250	250	1500	—	—	205,492	3100	202,4	205,5	—	—
Растачивание черновое IT12	50	50	90	31	2×2000	299,474	510	299,00	299,59	6570	3950
Растачивание получистовое IT9	31	31	4,5	31	2×195	299,882	120	299,762	299,882	759	366
Растачивание чистовое IT7	12,5	10	0	31	2×92	300,051	51	300	300,051	251	169

Общие припуски $Z_{Omin} = 4485$ мкм, $Z_{Omax} = 7580$ мкм.

Проверка расчёта припусков, по формуле 8:

$$Z_{Omax} - Z_{Omin} = 7580 - 4531 = 3049 \text{ мкм}$$

$$Td_{заг} - Td_{дет} = 3100 - 51 = 3095 \text{ мкм}$$

Расчёт припусков выполнен верно.

ведется при помощи онлайн программ фирмы Sandvik Coromant.

1.4.3 Нормирование технологического процесса

Одной из составляющих частей разработки технологического процесса является определение нормы времени на выполнение заданной работы. Расчёт норм времени ведётся по укрупнённым типовым нормативам, установленных на основе изучения затрат рабочего времени. Расчёт ведётся по следующим формулам:

$$t_{on} = t_o + t_{\epsilon}, \quad (9)$$

где t_{on} – оперативное время, мин;

t_{ϵ} – вспомогательное время на операцию, мин.

$$t_{\epsilon} = t_{yct} + t_{nep} + t_{изм}, \quad (10)$$

где t_{yct} – вспомогательное время на установку и снятие детали, мин;

t_{nep} – вспомогательное время, связанное с переходом, мин;

$t_{изм}$ – вспомогательное время на контрольные измерения, мин.

Штучное время на операцию:

$$T_{шт} = \left(T_{ца} + T_{\epsilon} \cdot K_{тв} \right) \cdot \left(1 + \frac{A_{обс} + A_{отд}}{100} \right), \quad (11)$$

где $T_{ца}$ – время цикла автоматической работы станка по программе, мин.

$$T_{ца} = T_o + T_{мв}, \quad (12)$$

где 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, изменения и направления подачи, время технологических пауз), мин;

T_{ϵ} – вспомогательное время, мин;

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

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

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

Штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{n-з}}{n}, \quad (13)$$

где n – размер партии запуска, шт.;

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

$T_{n-з}$ – норма подготовительно-заключительного времени, мин.

Ниже в таблице 15 приведены результаты расчёта времени на изготовление корпуса.

Таблица 15 – Нормирование технологического процесса изготовления корпуса

п/п	Содержание работы	Источник	Время, мин
1	2	3	4
05	Сверлильно-фрезерная с ЧПУ		
	Основное время		3,63
	Машинно-вспомогательное время по программе		1,78
	Время цикла автоматической работы станка по программе		5,41
	Вспомогательное время:		
	-на установку и снятие изделия	к.13, л.2, п.10	2,2
	-на закрепление и открепление заготовки	к.13, л.2, п.134, п.36,	1,24
	-на очистку приспособления	к.13, л.2, п.27	0,1
	-на измерение	к.15, л.1, п.1, п.146, п.186.	0,5
	Коэффициент на вспомогательное время	к.1, п.2	1,07
	Суммарное вспомогательное время	к.16, п.39	4,32
	Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности	к.26, п.1-4, п.9, п.23, п.24, п.28, п.30	14%
015	Подготовительно-заключительное время:		
	на организационную подготовку, на наладку станка, приспособлений, инструмента, программных устройств, пробную обработку		48,3
	Штучное время		11,09
	Штучно-калькуляционное время		12,1
	Сверлильно-фрезерно-расточная с ЧПУ		
	Основное время		2.62
	Машинно-вспомогательное время по программе		2,58
	Время цикла автоматической работы станка по программе		5,2
	Вспомогательное время:		
	-на установку и снятие изделия	к.13, л.2, п.21	2,8
	-на закрепление и открепление заготовки	к.13, л.2, п.44	1,8
	-на очистку приспособления	к.13, л.2, п.27	0,1
	-на измерение	к.15, л.5,	1,04

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4
		п.146, п.151, п.281, п.282	
	Коэффициент на вспомогательное время	к.1, п.2	1,07
	Суммарное вспомогательное время		6,14
	Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности.	к.16, п.39	14%
	Подготовительно-заключительное время: на организационную подготовку, на наладку станка, приспособлений, инструмента, программных устройств, пробную обработку	к.26, п.1-4, п.9, п.23, п.24, п.28, п.30	48,62
	Штучное время		12,93
	Штучно-калькуляционное время		13,94
030	Сверлильно-фрезерно-расточная с ЧПУ		
	Основное время		36,8
	Машинно-вспомогательное время по программе		15,77
	Время цикла автоматической работы станка по программе		52,62
	Вспомогательное время:		
	-на установку и снятие изделия	к.13, л.2, п.21	2,8
	-на закрепление и открепление заготовки	к.13, л.2, п.45	1,3
	-на очистку приспособления	к.13, л.2, п.27	0,1
	-на измерение	к.15, л.5,	6,85
	Коэффициент на вспомогательное время	п.149, п.145-	1,07
	Суммарное вспомогательное время	147, п.151, л.7,	11,83
	Время на организационное и техническое обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности	п.199, п.200, л.10 п.280-282.	14%
	Подготовительно-заключительное время на организационную подготовку, на наладку станка, приспособлений, инструмента, программных устройств, пробную обработку	к.1, п.2 к.16, п.39	105,32
	Штучное время	к.25, п.1-4, п.8, п.21, п.22, п.28, п.30,	73,47
	Штучно-калькуляционное время	п.31	77,86

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4
040	-на закрепление и открепление заготовки -на очистку приспособления	к.13, л.2, п.21	3,48
		к.13, л.2, п.45	2,92
	организационное и техническое рабочего обслуживание места, отдых и личные потребности		6,4 2,8
	Подготовительно-заключительное время:		0,94
	на, приспособлений, инструмента, программных устройств, пробную обработку	к.13, л.2, п.27	0,1
	Штучное время	к.15, л.5, п.147-149, л.10, п.280	1,89
	Штучно-калькуляционное время	к.1, п.2	1,07
		к.16, п.39	6,13 14%
		к.25, п.1-4, п.8, п.21, п.22, п.28, п.30, п.31	59,1
			14,28 16,74

Нормирование операции сборки

Штучное время сборки:

$$T_{шт} = T_{оп} \cdot \left(1 + \frac{A_{обсл} + A_{отд}}{100} \right), \quad (14)$$

где $T_{оп}$

$T_{шт}$ – штучное время, мин.;

$T_{п.з}$ – подготовительно-заключительное время, мин.;

n – размер партии запуска, шт.

сборки корпуса ФЮРА.300212.001/002

№ Пере хода	Содержание работы	Факторы влияющие на продолжительность сборки	№ Карты и позиция	Опе- ра- тив- ное врем я T_o , мин
-------------------	-------------------	---	-------------------------	--

1	2	3	4	5
1	Застропить корпус ФЮРА 300212.001/002, установить на подставку для сборки, отстропить	Канат, число стропов – 1, кран-балка – 0,5 т, скорость подъёма – 8 м/мин; скорость перемещения – 30 м/мин; высота подъёма – 1 м; длина перемещения – 2 м	к.9, п.6, к.10, п.7	0,3
2	Застропить корпус ФЮРА 300212.001, установить на корпус ФЮРА 300212.002, совместить детали по торцам с точностью 1,5 мм, отстропить	Канат, число стропов – 1, кран-балка – 0,5 т, скорость подъёма – 8 м/мин; скорость перемещения – 30 м/мин; высота подъёма – 1 м; длина перемещения – 2 м	к.9, п.6, к.10, п.7, к.39, п.6	0,47
3	Взять 7 болтов установить их в отверстия фланцев	Болт М24×2 – 7шт., длина продвижения 70мм.	к.52, п.4	0,25
4	Взять 7 шайб надеть их на болты	Шайба простая – 7 шт., длина продвижения 30мм.	к.53, п.4	0,18
5	Взять 7 гаек навернуть на 2-3 нитки, вручную	Гайка М24×2 – 7шт.	к.53, п.1	0,49
6	Затянуть 7 гаек	Длина завёртывания 30мм.	к.56, п.30 к.57, п.1	2,06
7	Сверлить 2 отверстия Ø15,75	Длина отв. 40мм.	к.66, п.4	1,72
8	Развернуть 2 отверстия Ø16Н10, с конусностью 1:50	2 отв., длина отв.40мм.	к.68, п.5	2,3
9	Снять заусенцы	2 отв., длина отв.40мм.	к.62, п.2	0,1

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
10	Запрессовать 2 штифта, вручную	Штифт конический – 2шт., без крепления.	к.83, п.10	0,34
11	Маркировать детали одним порядковым номером	Ударным способом, 26 знаков.	к.26, п.4	1,33
12	Застропить сборку, переместить в тару, отстропить	Канат, число стропов – 1, кран-балка – 0,5 т, скорость подъёма – 8 м/мин; скорость перемещения – 30 м/мин; высота подъёма – 1 м; длина перемещения – 2 м	к.9, п.6, к.10, п.7	0,3
Суммарное время – 9,84				
Время на организационно-техническое				
Подготовительно-заключительное время		Группа сложности сборки – простая	Карта 3	2%
Поправочный коэффициент к оперативному времени в зависимости от типа производства		Тип производства – мелкосерийное		
		Положение сборки – сверху	Карта 8, поз. 1	1,0
Штучное время сборки—11,12 мин.				
Штучно-калькуляционное время сборки—11,14 мин.				

1.5 Специальная часть

В данном разделе ВКР необходимо решить задачу обработки двух отверстий диаметром 310Н7 мм., имеющих требование круглости 0,013мм. и требование параллельности, между собой, 0,013мм. и шероховатость поверхности $R_a = 2,5\text{мкм.}$, причём сделать это с учётом следующих вводных:

- серийность обрабатываемых деталей;
- наименьшей себестоимости обработки;
- наибольшей производительности.

До недавнего времени существовало три способа обработки отверстий большого диаметра, такие как, растачивание на токарно-карусельных станках, растачивание на горизонтально-расточных станках оснащённых планшайбой и растачивание горизонтально-расточных станках с применением расточных головок. Но в последнее десятилетие, по мере развития в областях станкостроения, производства металлорежущего инструмента и накопления практического опыта, всё большую популярность приобретает способ получения отверстий большого диаметра, но относительно, небольшой глубины (до 2-4 диаметров, чаще всего 2-3 диаметра отверстия), методом фрезерования с винтовой интерполяцией.

Сразу отклоним метод обработки на токарно-карусельных станках, так как он представляется не технологичным. Не будем рассматривать и метод растачивания на горизонтально-расточных станках оснащённых планшайбой, так как он повторяет недостаток базового технологического процесса.

Всем условиям отвечает метод растачивания с применением расточных головок, причём из него можно выделить два производительных способа черновой обработки:

- растачивание многолезвийным инструментом;
- ступенчатое растачивание.

Также рассмотрим способ обработки путём фрезерования с винтовой интерполяцией. Этот способ позволяет получать отверстия с допуском по одиннадцатому качеству, включительно, при использовании фрез с СМП, и до седьмого качества, включительно, при обработке цельными твердосплавными фрезами по круговой интерполяции за один проход на всю высоту стенки. Но у этого метода, на данном этапе развития станкостроения, есть ограничение – отклонение от круглости колеблется в диапазоне от нескольких сотых до нескольких десятых миллиметра, а это значит, что для чистовой обработки этот способ не подходит, но его можно с успехом использовать для черновой обработки. Приведём описание этих способов.

Растачивание многолезвийным инструментом.

Подразумевает инструмент с двумя или тремя режущими пластинами для обработки отверстий, когда приоритетом является высокая скорость снятия металла (черновая обработка, как в нашем случае). Высокая производительность достигается за счёт нескольких пластин, одинаково

настроенных по высоте. В результате достигается высокое значение подачи на оборот:

$$S = S_z \cdot n, \quad (16)$$

где S_z подача на одну режущую пластину.

Последовательность переходов будет следующей:

- расточить отверстие Ø306Н12, предварительно;
- расточить отверстие Ø309Н9, предварительно;
- расточить отверстие Ø310Н7, окончательно.

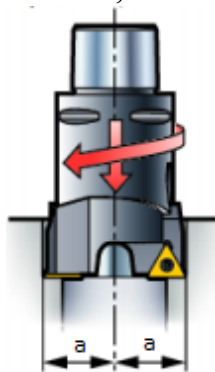


Рисунок 16 Растачивание многолезвийным инструментом

Ступенчатое растачивание.

Осуществляется посредством нескольких пластин, имеющих различное положение по высоте и диаметру. Используется при больших значениях глубин резания (черновая обработка, как в нашем случае) и других случаях. За счёт этого возможно сократить число используемых инструментов и количество проходов, в конечном счёте минимизировав число смен инструментов.

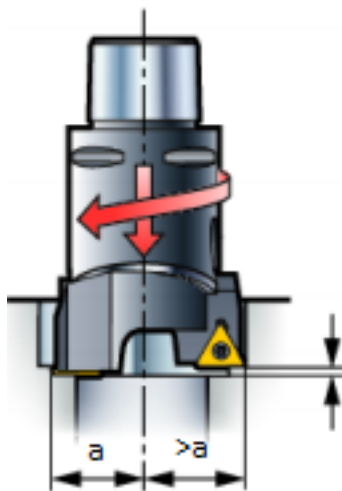


Рисунок 17 Ступенчатое растачивание

Последовательность переходов будет следующей:

- расточить отверстие Ø309Н9, предварительно;
- расточить отверстие Ø310Н7, окончательно.

Фрезерования с винтовой интерполяцией

тому же инструмент, задействованный в этой операции, может без ограничений использоваться на операциях фрезерования.

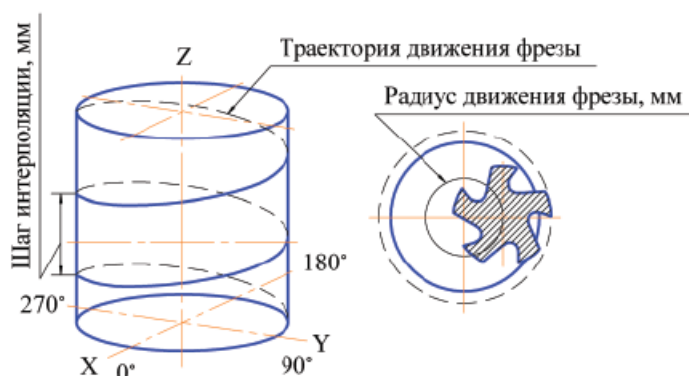


Рисунок 18 Формирование обрабатываемого отверстия методом винтовой интерполяции

Последовательность переходов будет следующей:

- фрезеровать отверстие Ø309H9, предварительно;
- расточить отверстие Ø310H7, окончательно.

Сравнение предложенных вариантов обработки.

Сведём результаты расчёта режимов резания в таблицу 17.

Таблица 17–Режимы резания вариантов обработки

Наименование	Вариант обработки с многолезвийным растачиванием	Вариант обработки со ступенчатым растачиванием	Вариант обработки с фрезерованием
1	2	3	4
Общее количество используемых инструментов	3	2	2
Количество комплектов оснастки	3	2	2
Частота смены инструмента	2	1	1
Время смены инструмента, мин.	0,3	0,3	0,3

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4
Основное время обработки, суммарное, мин.	4,04	4,28	4,03
Оперативное время, мин.	4,64	4,58	4,33

Как видим, вариант обработки с фрезерованием является оптимальным, поскольку позволяет:

- сократить время обработки на 5%;
- сократить количество применяемых дорогостоящих расточных головок до одной чистовой;
- сократить общее количество применяемого инструмента и оснастки на 30%, по сравнению с первым вариантом обработки.

Исходя из всего выше сказанного, останавливаем свой выбор на варианте обработки с предварительным фрезерованием, и окончательным растачиванием, как варианте, обеспечивающем наибольшую производительность и наименьшую себестоимость обработки.

1.6 Разработка конструкции

1.6.1 Обоснование и описание конструкции приспособления

При проектировании технологического процесса 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.

на станке WRD-150Q. На данной операции обрабатываются основные плоскости и отверстия корпуса. боковая поверхность (платики), одну точку – опорная поверхность. Опорными элементами являются установочные пластины позиция 19 и опоры со сферическими установочными поверхностями позиция 18. Для ориентирования используются направляющие шпонки.

Приспособление состоит из жёсткого сварного корпуса позиция 1, в стойках которого установлены опоры со сферической головкой позиция 18 и опорные пластины позиция 19, три прихвата позиция 20. Зажим заготовки осуществляется тремя прихватами -болта позиция 13.

1.6.1.1

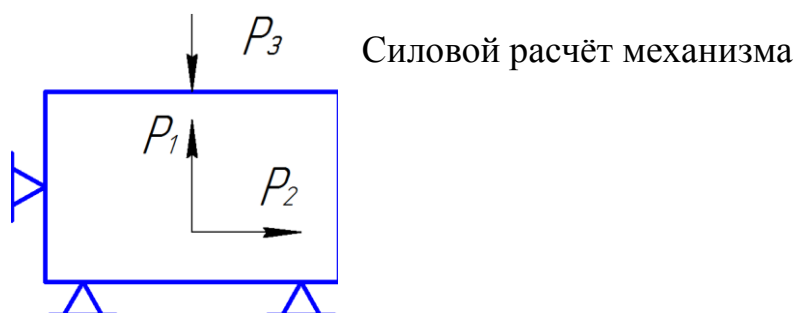


Рисунок 19 Схема закрепления

Расчётная схема и формула для вычисления силы закрепления принимаются [11]

Составляющая P_1 силы резания направлена от опор, а составляющая P_2 стремится сдвинуть заготовку в боковом направлении.

На рисунке 17 представлена схема закрепления детали, где $P_1 = P_z$ – окружная сила, Н; $P_2 = P_x$ – осевая составляющая, Н.

Значение R_z принимаем по данным расчёта, приведённого в технологической части проекта:

$$P_1 = 6618 \text{ Н.}$$

Принимаем по [5]:

$$P_2 = 0,358 \cdot P_1. \quad (17)$$

$$P_2 = 0,358 \cdot P_1 = 0,55 \cdot 6618 = 2366 \text{ Н.}$$

Согласно [8] сила закрепления будет определяться по формуле:

$$P_3 = \frac{K \cdot R_2 - \frac{f_{зм} \cdot R_1 \cdot J_1}{J_1 - J_2} + \frac{f_{он} \cdot R_1 \cdot J_2}{J_1 - J_2}}{f_{зм} + f_{он}}, \quad (18)$$

где P_3 – сила закрепления;

$f_{зм}$, $f_{он}$ – коэффициент трения, в местах контакта зажимного механизма с заготовкой и опор с заготовкой, соответственно (для нашего случая $f_{зм}, f_{он} = 0,25$;))

J_1 и J_2 – жесткости зажимных механизмов и опор соответственно (в проектных расчетах $\frac{J_1}{J_1 - J_2} = 0,3 - 0,4$, $\frac{J_2}{J_1 + J_2} = 0,6 - 0,7$;

K —примем из предыдущего расчёта.

Сила, необходимая для зажима:

$$P_3 = \frac{3,65 \cdot 2366 - 0,25 \cdot 6618 \cdot 0,35 + 0,25 \cdot 6618 \cdot 0,65}{0,5} = 18264,5 \text{ Н}$$

Так как у нас три прихвата то сила зажима приходящаяся на один прихват:

$$P = \frac{P_3}{3}. \quad (19)$$

$$P = \frac{18264,5}{3} = 6088H$$

Силы, действующие на Г-образном прихвате, изображены на рисунке 20:

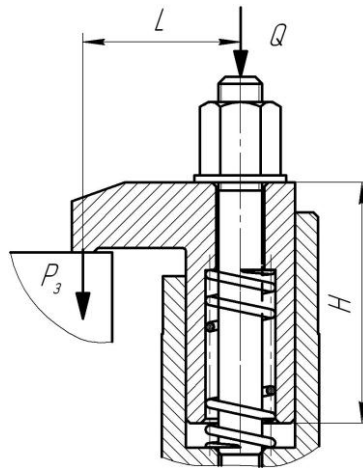


Рисунок 20 Силы, действующие на Г-образном прихвате

Сила, действующая на гайке:

$$Q = \frac{P_3}{1 - 3 \cdot f \cdot \frac{L}{H}}, \quad (20)$$

где f – коэффициент трения на торце гайки (равный от 0,1 до 0,15);

L и H – конструктивные элементы прихвата (длинна равная 48 мм, ширина равная 40 мм).

$$Q = \frac{6327}{1 - 3 \cdot 0,15 \cdot \frac{48}{40}} = 13754H.$$

Расчёт проводим аналогично пункту 6.1.3:

Погрешности базирования $\varepsilon_{\bar{\sigma}} = 2000$ мкм.

Погрешности закрепления $\varepsilon_{3,0} = 0$, так как деталь жёсткая и этой погрешностью возможно пренебречь.

TD = 3000 мкм.

1.6.2 Обоснование и описание конструкции приспособления

, на станке V800– направляющая поверхность, одна точка – опорная поверхность. Опорными элементами являются опоры со сферическими установочными поверхностями позиция 30, а также регулируемая опора позиция 8.

позиция 1, передвигного прихвата позиция 31 откидного прихвата позиция 3 и опоры самоустанавливающейся позиция 8. В стойках корпуса установлены опоры со сферической головкой позиция 30.

Базирование заготовки осуществляется путём установки на 6 опор со сферической головкой позиция 30. Зажим заготовки осуществляется передвижным прихватом позиция 31 и откидным прихватом позиция 3. Зажим осуществляется в следующей последовательности: вначале корпус опускается на 4 опоры позиция 30 и позиция 8, затем опускается планка с опорами позиция 2 и корпус доводится до соприкосновения внутренней стенки заготовки с опорами, затем зажимают прихватами позиция 31 и рым-болта позиция 32.

1.6.2.1 Силовой расчёт приспособления

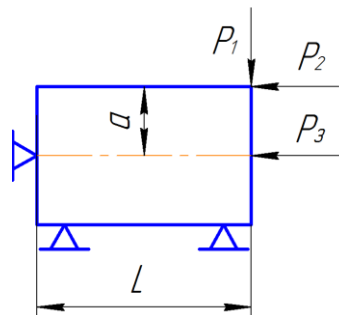


Рисунок 21 Схема закрепления

Расчётная схема и формула для вычисления силы закрепления принимаются [11].

Составляющая P_1 силы резания направлена к опорам, а составляющая P_2 стремится сдвинуть заготовку в боковом направлении.

На рисунке 19 представлена схема закрепления детали, где $P_1 = P_x$ – осевая составляющая, Н; $P_2 = P_z$ – окружная сила, Н.

Значение R_z принимаем по данным расчёта, приведённого в технологической части проекта:

$$P_2 = 2904 \text{ Н.}$$

Принимаем по [5]:

$$P_1 = 0,55 \cdot P_2$$

$$P_1 = 0,55 \cdot 2904 = 1597,2 \text{ Н.}$$

Согласно [8] сила закрепления будет определяться по формуле:

$$P_3 = \frac{K \cdot (P_2 \cdot a - P_1 \cdot L)}{f_{on} \cdot L}, \quad (23)$$

где P_3 – сила закрепления;

K – коэффициент запаса;

f – коэффициент трения;

L, a – расстояния, смотреть рисунок 6.1.

По [1, T1] определяем пальцы.

$$K=1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0=3,65.$$

Сила, необходимая для зажима:

$$P_z = \frac{3,65 \cdot (2904 \cdot 145 - 1597,2 \cdot 43)}{0,25 \cdot 43} = 119652 H.$$

Так как у нас два зажима то сила зажима приходящаяся на один винт:

$$P = \frac{P_z}{2} = \frac{119652}{2} = 59826 H. \quad (25)$$

Зная силу закрепления выбираем характеристики винтового зажимного механизма [11] – резьба М30, шаг резьбы основной.

Проверим винтовой зажимной механизм на самоотвинчивание, которое оценивается через ППД винтовой пары [11]:

$$\eta = \frac{\tan \alpha}{(\alpha + \varphi_{np})} \leq 0,4, \quad (26)$$

где α – угол подъёма резьбы, рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \tan^{-1} \frac{3}{\pi \cdot 22,051} = 2,48^\circ, \quad (27)$$

φ_{np} – приведённый угол трения в резьбе, для метрических резьб

$$\varphi_{np} = 6,67^\circ;$$

d_2 – средний диаметр резьбы;

$$\eta = \frac{\tan 2,48}{\tan(2,48 + 6,67)} = 0,27.$$

$0,27 \leq 0,4$ – механизм защищён от самоотвинчивания.

Вычислим момент который необходимо приложить к винту для создания силы закрепления.

$$M = 0,1 \cdot P_z \cdot d_2. \quad (28)$$

$$M = 0,1 \cdot 39884 \cdot 22,051 = 87948 \text{ Н мм} = 87,948 \text{ Н м.}$$

$$M = 0,1 \cdot 59826 \cdot 22,051 = 131,922 \text{ Н м.}$$

1.6.2.

Расчёт проводим аналогично пункту 6.1.3:

Погрешности базирования $\varepsilon_{\bar{o}} = 2000 \text{ мкм.}$

Погрешности закрепления $\varepsilon_{3,0} = 0$, так как деталь жёсткая и этой погрешностью возможно пренебречь.

$$TD = 3000 \text{ мкм.}$$

1.6.3 Проектирование инструмента

1.6.3.1 Проектирование режущего инструмента

Для нарезания резьбы М20×1,5-6Н длиной 16 мм в корпусе ФЮРА.300212.001/002 была спроектирована резьбовая гребенчатая фреза, со следующими геометрическими параметрами:

- диаметр режущей части $D = 10h9$ мм;
- шаг резьбы $S = 1,5$ мм;
- длина инструмента $L = 72$ мм;
- длина режущей части $l = 16,5$ мм;
- диаметр хвостовика $D_1 = 10 h6$ мм;
- число зубьев $Z = 6$;
- величина затылования $K = 1$ мм;
- глубина стружечной канавки $h = 2,5$ мм;
- радиус округления впадины стружечной канавки $R = 0,75$ мм.

В зависимости от шага резьбы выбираем размеры профиля резьбы фрезы:

- высота головки $h_1 = 0,534 \dots 0,571$ мм;
- высота ножки $h_2 = 0,435$ мм.

Режущая часть фрезы изготавливается из стали Р6М5 ГОСТ 19265-73, остальное – сталь 45 ГОСТ 1050-88.

1.6.3.2 Проектирование калибра перпендикулярности

Для проверки требования перпендикулярности отверстия М30×2 к плоскости был спроектирован калибр перпендикулярности. Материал калибров – углеродистая инструментальная сталь У7А.

Рассчитаем калибр перпендикулярности для контроля перпендикулярности отверстия М30×2 к плоскости согласно [8], допуск на перпендикулярность составляет $0,2/\varnothing 45$ мм.

Произведём расчёт по следующим формулам:

$$d_{k\max} = d_{\min} - T_{pk} + F, \quad (29)$$

$$d_{k\min} = d_{k\max} - H, \quad (30)$$

$$d_{k-w} = d_{k\max} - H - W, \quad (31)$$

где $d_{k\max}$, $d_{k\min}$ – наибольший и наименьший предельные размеры измерительного элемента нового калибра, мм;

$d_{\min} = 28,71$ – наименьший предельный размер контролируемого резьбового отверстия по среднему диаметру, мм;

d_{k-w} – размер предельно изношенного измерительного элемента калибра, мм;

$T_{pk} = 0,016$ – позиционный допуск измерительного элемента, мм;

$F = 0,026$ – мм;

$H = 0,008$ – допуск на изготовление измерительного элемента калибра, мм;

$W = 0,01$ – величина износа измерительного элемента калибра, мм.

$$d_{k\max} = 28,71 - 0,016 + 0,026 = 28,72 \text{ мм},$$

$$d_{k \min} = 28.72 - 0.008 = 28.712 \text{ мм},$$

$$d_{k-w} = 28.72 - 0.008 - 0.01 = 28.702 \text{ мм}.$$

Размеры наружного и внутреннего диаметров резьбы калибра примем по ГОСТ 24997-2004:

- наружного 30,030_{-0,028};
- внутреннего 27,835 max.

1.7 Организационное проектирование

1.7.1 Расчёт количества основного оборудования на участке

(при одной смене в сутки равен 1981ч.);

$$K_n = 0,97 -$$

очень малым, поэтому необходимо, в обязательном порядке, На рисунке 22 приведён график загрузки оборудования:

1.7.2 Определение размеров партии запуска

Определяем максимально возможный период запуска:

$$Q_i = \frac{C_{ni} \cdot \Pi_i}{q}, \quad (38)$$

где C_{ni} – принятое количество станков.

Таблица 19 – Размер партии запуска

№ Операции	$\Pi_{i, \text{шт}}$	$C_{\Pi_i, \text{шт}}$	$Q_i, \text{шт}$
005	79,3	1	79,3
015	68,9	1	68,9
030	12,3	1	12,3
040	57,3	1	57,3

$$Q = Q_{\min} = 12$$

Уточняем коэффициент загрузки оборудования:

$$K_{zi} = \frac{q \cdot Q}{\Pi_i \cdot C_{ni}}, \quad (39)$$

Коэффициент загрузки оборудования приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Коэффициент загрузки оборудования

№ Операции	$\Pi_{i, \text{шт}}$	$C_{\Pi_i, \text{шт}}$	q, шт	Q, шт	K_{zi}
005	79,3	1	1	12	15
015	68,9	1			17
030	12,3	1			98
040	57,3	1			21

Средний

Определяем размер партии запуска:

$$n = \frac{N \cdot Q}{\Phi_{\partial}}, \quad (40)$$
$$n = \frac{100 \cdot 12}{248} = 4,8.$$

Принимаем партию запуска 5 шт.

Данный параметр является исходными данными для службы обеспечения участка инструментом, заготовками, материалом и т.д. При этом, исходя, из n рассчитывается количество запасов на участке, для обеспечения его бесперебойной работы, т.к. излишки неблагоприятно сказываются на работе складской системы, а дефицит ведет к простоям и неполной загрузке участка.

1.7.3 Расчёт длительности технологических циклов

$$T_{ци} = \frac{n \cdot t_{шткi}}{C_{ni}}, \quad (41)$$

Таблица 21 – Длительность технологических циклов

№ Операции	$t_{шткi}$, мин	C_{ni} , шт	n	$T_{ци}$, мин
1	2	3	4	5
005	12,1	1	5	60,5
015	13,94	1		69,7
030	77,86	1		389,3
040	16,74	1		83,7

Определяем длительность технологических циклов при последовательном сочетании операций:

$$T_{цпол} = \sum_{i=1}^m T_{ци}, \quad (42)$$

$$T_{цпол} = 60,5 + 69,7 + 389,3 + 83,7 = 603,2 \text{ мин.}$$

График технологических циклов при последовательном сочетании операций представлен на рисунке 24.

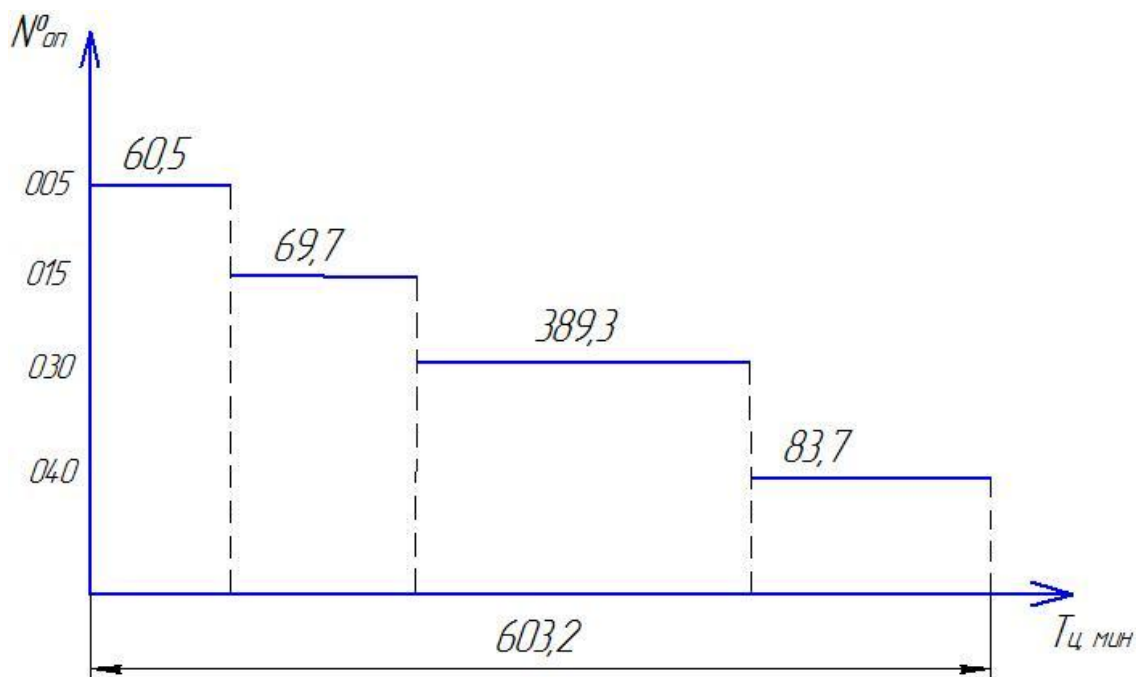


Рисунок 24 График технологических циклов при последовательном сочетании операций

1.7.4 Расчет численности рабочих

Рабочими основного производства на механическом участке считаются станочники и другие рабочие, занятые выполнением операций основного техпроцесса. В общем виде число основных производственных рабочих [8], на одну смену определяется по формуле:

$$P = \frac{C_{\Pi} \cdot \Phi_o \cdot K_{з.ср}}{\Phi_p \cdot K_M}, \quad (43)$$

где Φ_p – эффективный фонд работы станочника, за вычетом времени отпуска и по болезни, равный 3944 час;

K_M – коэффициент многостаночного обслуживания, равный 1 (среднее число станков, обслуживаемых одним рабочим);

Φ_o – эффективный

Принимаем $P=4$

Количество вспомогательных рабочих определяется по нормативам, в зависимости от площади участка, количества работающих, и т.д. Для спроектированного участка количество вспомогательных рабочих:

- крановщиков – 1 человек в 1-у смену;
- стропальщиков – 1 человек в 1-у смену;
- мастеров – 1 человек в 1-у смену;
- старший мастер – 1 человек в одну смену.

Общая численность основных рабочих в одну смену – $P_{ст} = 4$ человека, вспомогательных $P_v = 4$ человек. Всего работающих на участке $P_o = 8$ человек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

песчаноглинистые формы по металлическим моделям с машинной формовкой, коэффициент использования металла равен 0,852. В базовом проекте 0,779. Экономический эффект по сравнению с литьём в песчаноглинистые формы с ручной формовкой 57088руб.

2) около 138,6 мин. В базовом – около 500 минут.

3) принятая последовательность маршрута обработки в совокупности с применением принципа концентрации операций позволило сократить количество применяемого оборудования, а также уменьшить число операций на 16.

4) в конструкторской части разработаны два приспособления, что позволило сократить вспомогательное время на снятие и установку деталей и позволило отказаться от операции разметки и выверки при установке на станке. Спроектированные специальный режущий инструмент и специальный мерительный инструмент – калибр перпендикулярности позволили снизить трудоёмкость изготовления и контроля изделия.

5) применение современных многоцелевых станков моделей ИР800 и 800V, в значительной степени снизило трудоемкость,

Были разработаны мероприятия по снижению таких факторов как шум, плохое освещение, микроклимат.