**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 5](#_Toc188260309)

[1. Технологический анализ 6](#_Toc188260310)

[**1.1 Анализ чертежа детали** 6](#_Toc188260311)

[**1.1.2 Размерный анализ** 9](#_Toc188260312)

[**1.3 Анализ шероховатости поверхности** 12](#_Toc188260313)

[**1.4 Заключение о служебном назначении изделия** 14](#_Toc188260314)

[1.5 Выбор заготовки 15](#_Toc188260315)

[**1.5.1 Определение типа производства** 15](#_Toc188260316)

[**1.5.2 Коэффициент точности обработки** 16](#_Toc188260317)

[**1.5.3 Коэффициент шероховатости поверхности** 18](#_Toc188260318)

[**1.5.4 Выбор типа изготовления заготовки** 18](#_Toc188260319)

[**1.5.5 Назначение припусков** 19](#_Toc188260320)

[**1.5.6 Коэффициент использования материала** 20](#_Toc188260321)

[**1.5.7 Чертеж заготовки** 21](#_Toc188260322)

[1.6 Разработка технологического процесса. 22](#_Toc188260323)

[**1.6.1 Описание технологического процесса:** 22](#_Toc188260324)

[**1.6.2 Технологический процесс** 23](#_Toc188260325)

[2. Подготовка производства 26](#_Toc188260326)

[**2.1 Расчет и назначение режимов резания** 26](#_Toc188260327)

[**2.2 Подбор инструмента** 30](#_Toc188260328)

[**2.3 Выбор основного оборудования** 36](#_Toc188260329)

[**2.4 Выбор вспомогательного оборудования.** 43](#_Toc188260330)

[3. Планировка цеха 50](#_Toc188260331)

[**3.1 Анализ исходных данных** 50](#_Toc188260332)

[**3.2 Определение типа производства** 51](#_Toc188260333)

[**3.3 Расчет потребного оборудования и его загрузка** 53](#_Toc188260334)

[**3.4 Расчет производственной площади участка** 56](#_Toc188260335)

[**3.5 Определение вида транспортной системы** 57](#_Toc188260336)

[**3.6 Определение величины и мощности грузопотока** 58](#_Toc188260337)

[**3.7 Выбор межоперационного транспорта** 60](#_Toc188260338)

[4. Выбор датчиков 62](#_Toc188260339)

[5. Описание циклограммы 67](#_Toc188260340)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 69](#_Toc188260341)

[СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 70](#_Toc188260342)

[Приложение А 71](#_Toc188260343)

[(обязательное) 71](#_Toc188260344)

[Чертеж детали «Вал» 71](#_Toc188260345)

[Приложение Б 72](#_Toc188260346)

[(обязательное) 72](#_Toc188260347)

[Чертеж заготовки детали «Вал» 72](#_Toc188260348)

[Приложение В 73](#_Toc188260349)

[(обязательное) 73](#_Toc188260350)

[Планировка автоматизированного цеха 73](#_Toc188260351)

[Приложение Г 74](#_Toc188260352)

[(обязательное) 74](#_Toc188260353)

[Чертеж циклограммы (начало работы) 74](#_Toc188260354)

[Приложение Д 75](#_Toc188260355)

[(обязательное) 75](#_Toc188260356)

[Чертеж циклограммы (устоявшийся процес) 75](#_Toc188260357)

[Приложение Е 76](#_Toc188260358)

[(обязательное) 76](#_Toc188260359)

[Чертеж циклограммы (конец работы) 76](#_Toc188260360)

# ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация производственных процессов на основе внедрения роботизированных технологических комплексов и гибких производственных модулей, вспомогательного оборудования, транспортно-накопительных и контрольно-измерительных устройств, объединенных в гибкие производственные системы, управляемые от ЭВМ, является одной из стратегий ускорения научно-технического прогресса в машиностроении.

За счет применения всех перечисленных систем и модулей обеспечивается: повышение уровня технической вооруженности производства из-за автоматизации практически всех основных вспомогательных операций, повышение производительности труда, повышение эффективности и гибкости, решение проблемы сокращения дефицита рабочих, выполняющих как основные, так и вспомогательные операции, изменение условий и характера труда за счет увеличения доли умственного и сведения к минимуму физического труда, более удобная и благоприятная обстановка трудящихся, уменьшение расходов на заработную плату, за счет замены работников автоматизированными системами.

В результате применения роботизированных технологических комплексов и гибких производственных систем в будущем станет возможным повсеместное использование безлюдных технологий.

В курсовой работе необходимо разработать автоматизированный участок и его систему управления по изготовлению детали «Вал».

## **1. Технологический анализ**

### **1.1 Анализ чертежа детали**

Анализ чертежа детали показывает, какие конструктивные особенности имеет деталь, которую мы планируем сделать. Она состоит из деталей, которые рассмотрим исходя из чертежа детали рисунок 1.1

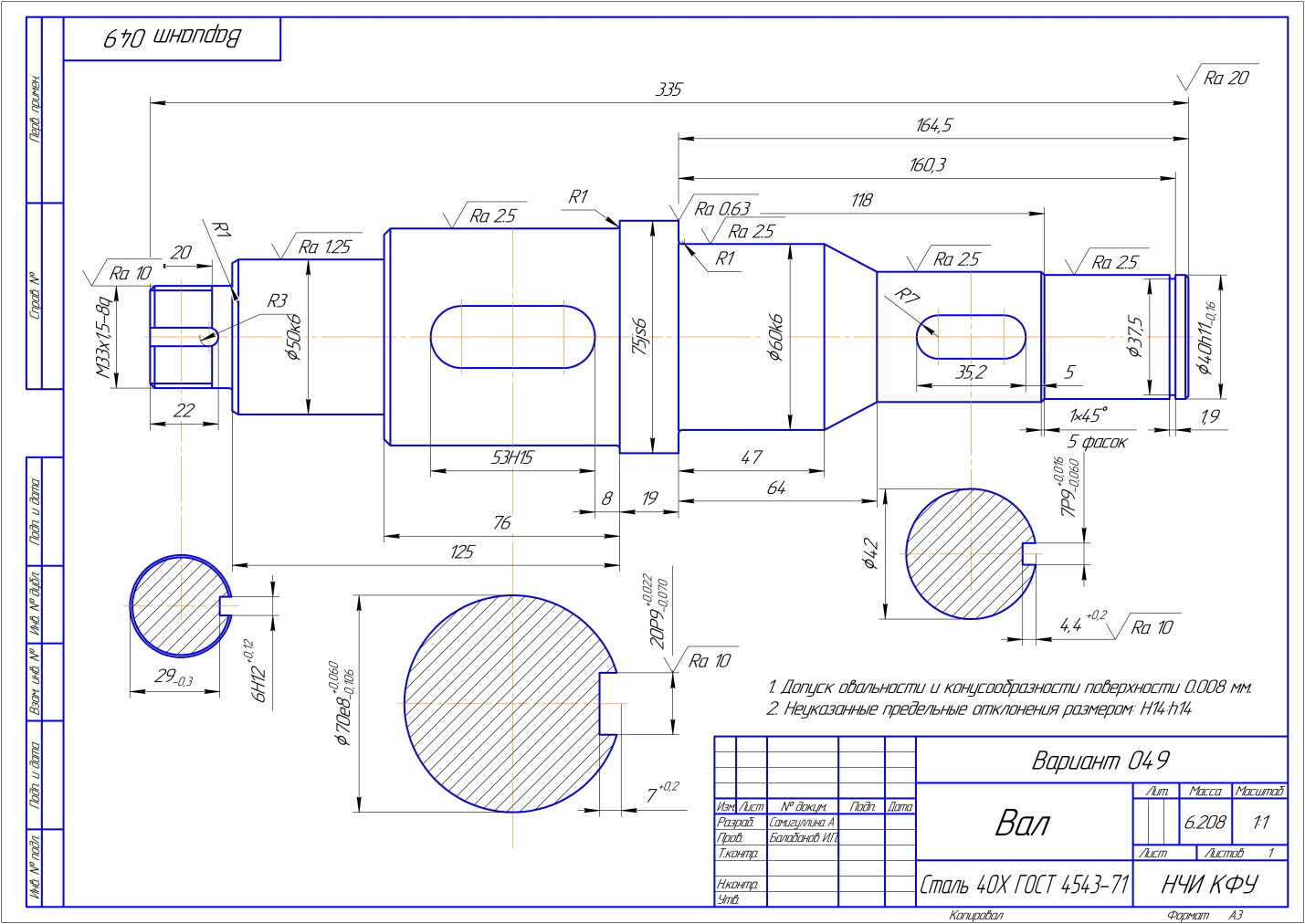


Рисунок 1.1 – Чертеж вала

Данная деталь которую мы рассмотрим имеет следующие поверхности: Вал — деталь механизма, выполненная из [металла](https://sopromats.ru/materialyi/metallyi/), имеющая сечение определенной формы и передающая крутящий момент на другие элементы, вызывая их вращение. Размеры посадочных мест для крутящихся элементов расположенных на концах валов жестко стандартизированы по ГОСТам. В зависимости от внешних сил, которым подвергается деталь вал в процессе эксплуатации, осуществляется подбор материала для его изготовления. Для этой цели используют легированные стали с высоким содержанием углерода, так как обладают улучшенными механическими характеристиками и износостойкостью.

Шпоночный материал представляет собой калиброванный металлопрокат, предназначенный для изготовления таких соединительных элементов, как шпонки. Шпонка – это штифт продолговатой формы, который вставляется в паз соединяемых деталей шпоночного соединения. Сфера их использования достаточна широкая. Естественно, что от назначения шпонок напрямую зависят требования, которые к ним предъявляются. А потому для производства шпоночного материала, из которого затем будут изготавливаться шпонки, применяются самые разнообразные стали и сплавы. Кроме того, варьироваться в зависимости от области их применения может форма шпонок – а соответственно, и форма бруска шпоночного материала. Существуют несколько разновидностей шпонок: призматические; клиновые; сегментные; цилиндрические; тангенциальные. В моем случае на чертеже представлен клиновой вид шпонки. В классическом варианте [шпоночный материал](http://mir-krepega.ru/steel/shponki/) изготавливается из стали Ст45. Это конструкционная углеродистая сталь обыкновенного качества, которая традиционно используется для изготовления деталей повышенной прочности и относится к трудно свариваемым сталям.

Шпоночный паз соединение предназначено для закрепления и передачи крутящего момента от вала на колесо или же наоборот. Шпонка позволяет это осуществить, сохраняя при этом возможность разъемного соединения деталей. Обычно в соединение ставят по одной шпонке. Изготавливают его на фрезерном станке. На рисунке указано под цифрой 9 и Шпоночный паз имеет квалитет точности 8Н8 и 10N9.

На чертеже присутствует наличие фаски, представлено 4 места с фасками под 45 градусов. Фаски производят на токарном станке с помощью резцов. На рисунке указано под цифрой 4, 5, 15 и 13. Фаской называется срезанная под углом кромка детали. Срез материала осуществляется плоскостью или конической поверхностью. Фаски облегчают соединение деталей центрируя их во время сборки. Наиболее часто срез осуществляется под углом 45˚. В этом случае в обозначение фаски входит размер катета среза с указанием угла Фаска выполняется для того, чтобы защитить вход резьбы от смятия или забоя и облегчить начало свинчивания деталей. Фаски на резьбах имеют свои особенности. Все они выполняются под углом 45º и их размер связан шагом и с типом резьбы метрическая, трубная или трапецеидальная. Кроме того, должны учитываться вид поверхности цилиндрическая или коническая, а также внешняя она или внутренняя. Следует знать, что количество фасок равно количеству поверхностей среза. Если одинаковых по катету фасок несколько, то размер фаски проставляется только на одной из них с указанием количества.

Торец — поперечная грань протяжённого объекта, по форме близкого к цилиндру или прямоугольному параллелепипеду. У цилиндрических объектов торец находится в плоскости, перпендикулярной продольной оси, и имеет форму круга. На рисунке указано под цифрой 1 и 14.

Резьба представляет собой рельефную поверхность, образующуюся на цилиндрической или конической части детали при вырезании или выдавливании канавки определенного профиля, идущей по винтовой линии. При этом расстояние между соседними витками винтовой линии такое, что профиль образующихся выступов инверсно такой же, как и у канавки. Отличительной чертой резьбовой канавки является то, что все ее параметры, как по форме, так и по размерам, взаимосвязаны и предусмотрены соответствующими стандартами. На поверхности 16 нарезается резьба поверхность 16 – М24 × 1,5. Расшифровывается это – резьба метрическая, с диаметром 24 мм, шаг мелкий (1,5 мм), однозаходная, наружная.

Канавка – это протяженное углубление на поверхности детали различной траектории и, как правило, простого поперечного сечения. Канавки предназначены для разделения поверхностей с разной характеристикой обработки, для выхода режущего инструмента при изготовлении детали или для обеспечения определенных условий при сборке и эксплуатации. Канавки используют для подвода, распределения и удержания смазки. Некоторые канавки предназначены для фиксации уплотнений различной формы. Траектория канавки может быть самой разной: по прямой, по кольцу, по винтовой линии и др. Кольцевая канавка выполненная на внешней цилиндрической или конической поверхности называется проточкой. На рисунке указано под цифрой 6, 7, 12 и 17.

Скругление – широко применяют для облегчения изготовления деталей литьем, штамповкой, ковкой, повышения прочностных свойств валов, осей и других деталей в местах перехода от одного диаметра к другому. На рисунке указано под цифрой 4 и 8.

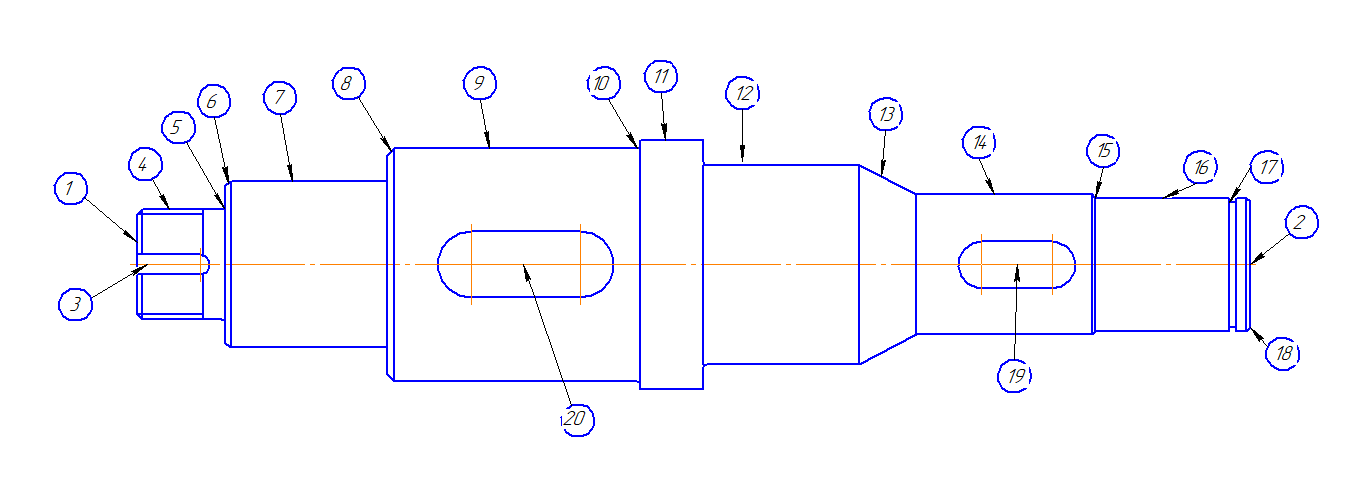


Рисунок 1.2 – Чертеж детали

### **1.1.2 Размерный анализ**

Область в пространстве или заданной плоскости, внутри, которой должен находиться прилегающий элемент или ось, центр, плоскость симметрии и в пределах нормируемого участка, ширина или диаметр, которой определяется значением допуска, а расположение относительно баз -номинальным расположением рассматриваемого элемента. На чертеже присутствует допуски детали, которые следует придерживаться. Все остальные неуказанные отклонения по H14; h14; ± квалитету. Выполняется он на токарном станке методом обработки обтачивания, при современных резцах на выходе получаем чистовое обтачивание.

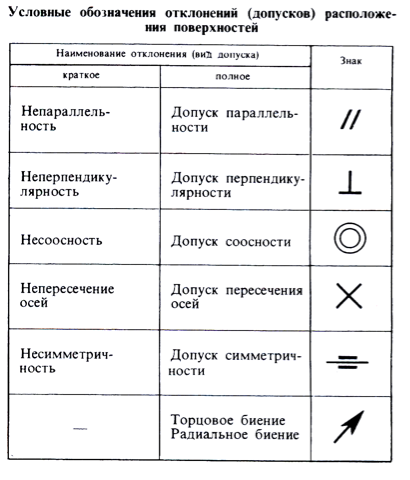


Рисунок 1.3 – условные обозначения допусков.

На рисунке 1.4 представлен чертеж. На чертеже представлены квалитеты размеров и их обозначения.

Под цифрой 1 указан размер М33q8, это достаточно точный квалитет его выполняют на токарном станке с применением расточных резцов, также можно обработать на шлифовальном станке.

Под цифрой 2 указан размер 50к6, это достаточно точный квалитет его выполняют на токарном станке с применением расточных резцов, также можно обработать на шлифовальном станке.

Под цифрой 3 указан размер 30js6, это достаточно точный квалитет его выполняют на токарном станке с применением расточных резцов, также можно обработать на шлифовальном станке.

Под цифрой 4 указан размер 60к6, это достаточно точный квалитет его выполняют на токарном станке с применением расточных резцов, также можно обработать на шлифовальном станке.

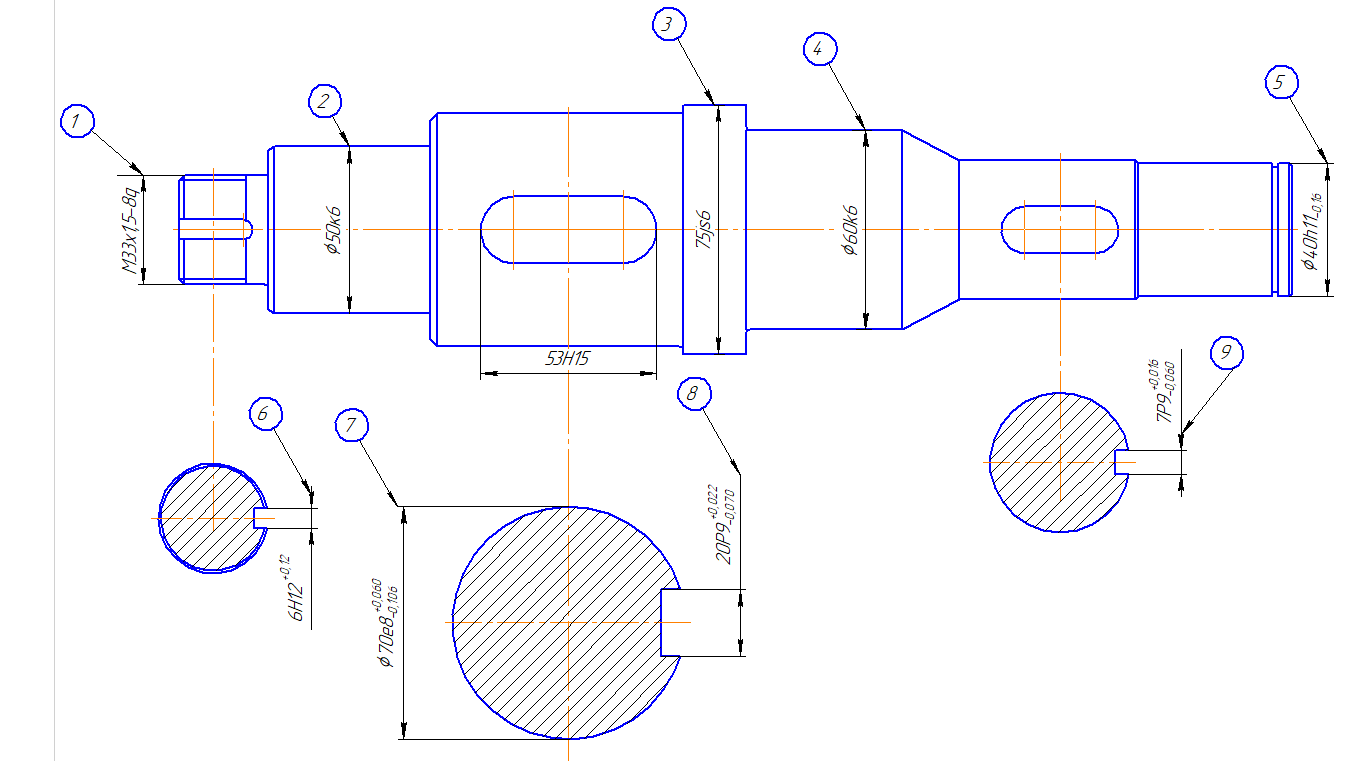
Под цифрой 5 указан размер 40Н11, этот размер можно получить используя: чистовое точение и шлифование на станках класса H. Предварительное и чистовое точение.

Под цифрой 6 указан размер 6Н12, это шпоночный паз, его можно получить фрезерованием дисковыми фрезами.

Под цифрой 7 указан размер 70е8, этот размер можно получить на шлифовальном станке, черновое, чистовое точение и круглое шлифование на станках, т.к это точный квалитет.

Под цифрой 8 указан размер 20Р9, это шпоночный паз, его можно получить фрезерованием концевыми фрезами.

Под цифрой 9 указан размер 7Р9, это шпоночный паз, его можно получить фрезерованием концевыми фрезами.

Рисунок 1.4 – Обозначения размерного анализа

### **1.3 Анализ шероховатости поверхности**

Шероховатость поверхности – это показатели, которые обозначают определенное количество данных характеризующих состояние неровностей поверхности, измеряемых сверхмалыми отрезками при базовой величине длины. Совокупность показателей, обозначающих  возможную ориентацию направлений неровностей поверхностей с определенными значениями  и их характеристикой,  задается в нормативных  документах  ГОСТ 2789-73, ГОСТ 25142-82, ГОСТ 2.309-73. Совокупность требований указанных в нормативных документах распространяется на изделия, изготовленные с использованием различных материалов,  технологий и методов обработки, за исключением имеющихся дефектов. Шероховатость исследуемой поверхности измеряются на допустимо небольших площадях, в связи с чем базовые линии выбирают, учитывая параметр снижения влияния волнообразного состояния поверхности на изменение высотных параметров. Неровности на большинстве поверхностей возникают по причине образующихся деформаций верхнего слоя материала при осуществляемой обработке с использованием различных технологий

На производстве используют два вида воздействия на верхний слой:

* с помощью частичного удаления верхнего слоя обрабатываемой детали;
* без удаления верхнего слоя детали.

При удалении верхнего слоя материала в основном используется специальный инструмент, предназначенный для выполнения определенных действий – сверления, фрезерования, шлифования, точения, и т. д. В ходе обработки происходит нарушение верхнего слоя материала с образованием остаточных следов от используемого инструмента. Когда применяется обработка без удаления верхнего слоя материала – штамповка, прокат,  литье,  происходит смещение структурных слоев их деформация с принудительным созданием  «гладко-волокнистой»  структуры. При конструировании и изготовлении деталей параметры неровностей задает конструктор, основываясь на техническом задании определяющим характеристики изделия в зависимости от требований, предъявляемых к изготовляемому механизму, технологии, используемой при производстве   и степени обработки.

На рисунке 1.5 представлен чертеж. На чертеже представлены шероховатости обрабатываемых поверхностей под номерами.

Под цифрой 2 обозначена шероховатость ее выполняют на токарных станках, методом чистового или тонкого обтачивания, также можно получить предварительным шлифованием.

Цифра 3, 5, 6, 7 показывает поверхность с шероховатостью , Такую шероховатость можно получить на токарном станке используя чистовое точение.

Цифра 1, 8, 9 показывает поверхность с шероховатостью , Такую шероховатость можно получить обтачиванием после предварительного точения

Под цифрой 4 обозначена шероховатость ее выполняют на токарных станках, методом чистового или тонкого обтачивания, также можно получить предварительным шлифованием.

Все остальные поверхности, над которыми не нанесены обозначения, будут иметь общую шероховатость - , которые можно получить предварительным обтачиванием.

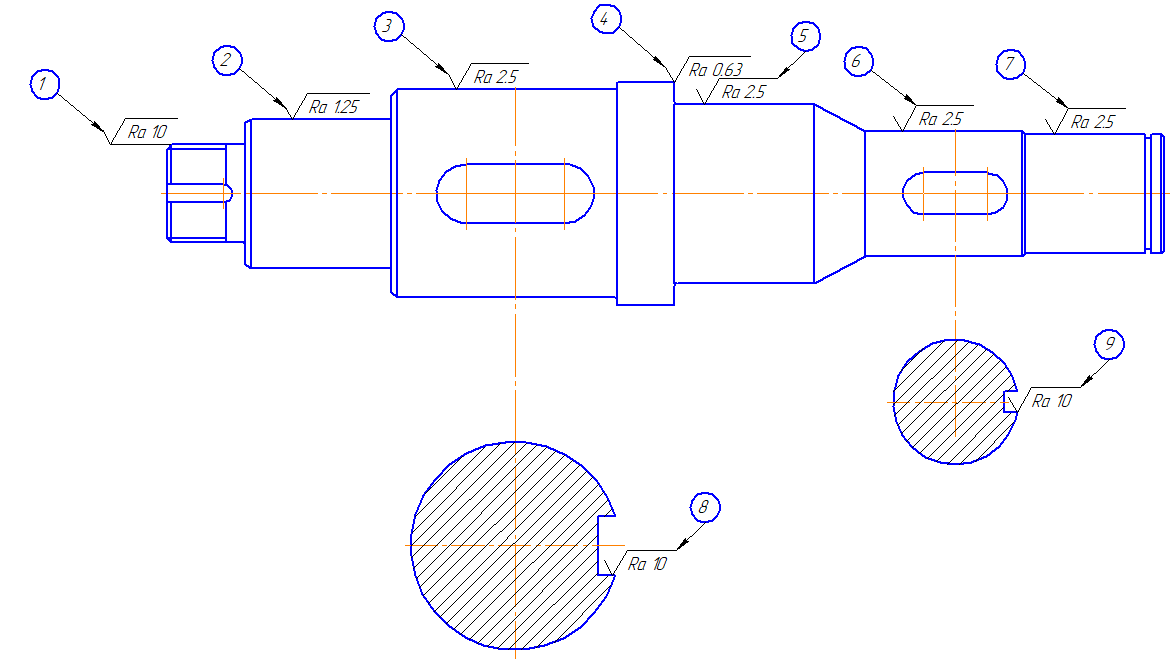


Рисунок 1.5 – Обозначения шероховатости поверхностей

### **1.4 Заключение о служебном назначении изделия**

Вал выполненный из стали 40Х ГОСТ 4543-71 предназначен для передачи крутящего момента. Это сталь часто используется для изготовления разнообразных металлических изделий. Сталь считается конструкционной углеродистой качественной. Сталь изготавливается в основных конверторах с продувкой кислородом сверху, в мартеновских электрических печах. Способ выплавки стали выбирается предприятием-изготовителем, если этот способ не оговорен в заказе. Сталь 40 – это самый популярный материал для изготовления деталей механизмов, требующих повышенной прочности и износостойкости. Эта сталь применяется для изготовления деталей тела вращения. Такие как валы-шестерни, цилиндры , распределительные и коленчатые валы, шпиндели, кулачки патронов станков, шестерни, ручные тиски, бандажи. Шероховатость на данной мне детали начинается от Ra.20 до Ra0,63, а допуски начинаются от 6 и заканчиваются 14 квалитетом. Твердость стали 207 HB

## **1.5 Выбор заготовки**

### **1.5.1 Определение типа производства**

Одним из основных принципов построения технологических процессов является принцип совмещения технических, технологических, экономических и организационных задач, решаемых в данных производственных условиях. Проектируемый технологический процесс, безусловно, должен обеспечить выполнение всех требований к точности и качеству изделия, предусмотренных чертежом и техническими условиями, при наименьших затратах труда, при изготовлении изделий в количествах и в сроки, установленные производственной программой. На одном предприятии и даже в одном цехе, участке цеха можно встретить сочетание различных типов производства.

Теоретически возможно определить тип производства, учитывая количество и массу детали, приведён в таблице 1.5.1

Таблица 1.5.1 – Тип производства.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса детали, кг | Тип производства | | | | |
| Единич-ное | Мелко-серийное | Средне-серийное | Крупно-серийное | Массовое |
| Годовой выпуск объёма деталей (N) шт | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| < 1,0 | < 10 | 10…2000 | 2000…75000 | 75000…200000 | >200000 |
| 1,0…2,5 | < 10 | 10…1000 | 1000…50000 | 50000…100000 | >100000 |
| 2,5…5,0 | < 10 | 10…500 | 500…35000 | 35000…75000 | >75000 |
| 5,0…10,0 | < 10 | 10…300 | 300…25000 | 25000…50000 | >50000 |
| > 10,0 | < 10 | 10…200 | 200…10000 | 10000…25000 | >25000 |

Деталь «вал» масса детали по чертежу составляет m=6,208 кг и находится в интервале до 10 кг. Анализируем годовую программу выпуска с учётом запасных деталей. С учетом большой по массе детали m=6,208 кг (до 10 кг) и большого объёмом выпуска изделий N=50000 (более 50000), приходим к определению типа производства – массовый тип.

### **1.5.2 Коэффициент точности обработки**

Анализ рабочего чертежа «Вал» показан в таблице 1.5.2.

Таблица 1.5.2 коэффициенты точности

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование поверхности | Количество поверхностей | Квалитет | Характеристики шероховатости, Ra |
| ∅40h11 | 1 | 11 | 2.5 |
| ∅37,5 | 1 | 14 | 20 |
| ∅42 | 1 | 14 | 2.5 |
| ∅60k6 | 1 | 6 | 2.5 |
| ∅75js6 | 1 | 6 | 0,63 |
| ∅70e8 | 1 | 8 | 2.5 |
| ∅50k6 | 1 | 6 | 1.25 |
| M33x1.5-8q | 1 | 8 | 20 |
| 53H15 | 1 | 15 | 10 |
| Шпоночный паз 7P9 | 1 | 9 | 10 |
| Шпоночный паз 20P9 | 1 | 9 | 10 |
| Шпоночный паз 6H12 | 1 | 12 | 20 |
| 19 | 1 | 14 | 10 |
| 4.4 | 1 | 9 | 10 |
| 7 | 1 | 9 | 10 |
| 76 | 1 | 14 | 2.5 |
| 47 | 1 | 14 | 2.5 |
| 20 | 1 | 14 | 10 |
| 1.9 | 1 | 14 | 20 |
| Всего | 19 | 206 | 166.88 |

Размеры и поверхности детали должны иметь оптимальную точность. Для этого следует определить коэффициент точности обработки. Данные о количестве, квалитетах, шероховатости поверхностей проанализированного чертежа детали занесены в таблицу 1.5.2.

Коэффициент точности обработки определяется по следующей формуле (1):

|  |  |
| --- | --- |
| , | (1) |

где: - средний квалитет точности.

Для нахождения среднего квалитета точности следует воспользоваться формулой (2):

|  |  |
| --- | --- |
| , | (2) |

где: А – это квалитет точности;

n – это количество поверхностей, соответствующих данному квалитету.

Подставляем значения из таблицы 1.5.2, получаем:

|  |  |
| --- | --- |
| = 10,8  Следовательно, подставив значение |  |

Вычисленный коэффициент равен 0,908, т.е. > 0,875, следовательно, деталь по этому показателю является технологичной.

### **1.5.3 Коэффициент шероховатости поверхности**

Коэффициент точности обработки определяется по следующей формуле (3):

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3) |

где: – средняя шероховатость поверхностей.

Находим среднюю шероховатость, подставляя значения из таблицы 1.2.2:

|  |
| --- |
|  |

Следовательно, подставив значение в формулу 3, получим:

Вычисленный коэффициент равен 0,11, т.е. Кш < 0,32, следовательно, деталь по этому показателю является технологичной.

### **1.5.4 Выбор типа изготовления заготовки**

Для разработки технологического процесса изготовления необходимо выбрать заготовку.

На выходе у нас должна получиться деталь типа вал, со следующими размерами, показанными на рисунке 1.2.1

Для разработки технологического процесса изготовления необходимо выбрать заготовку. Деталь выполнена из стали 40X ГОСТ 4543-71.

### **1.5.5 Назначение припусков**

Припуском на обработку называется слой толщина слоя материала, удаляемый с поверхности заготовки для устранения дефектов от предыдущей обработки. Общим припуском на обработку называется слой материала толщина слоя, удаляемый с рассматриваемой поверхности исходной заготовки в процессе выполнения технологического процесса с целью получения готовой детали. Назначение недостаточно больших припусков не обеспечивает удаления дефектных слоев материала и достижения требуемой точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, а также вызывает повышение требований к точности исходных заготовок и приводит к их удорожанию, затрудняет разметку и выверку положения заготовок на станках при обработке по методу пробных ходов и увеличивает опасность появления брака. Припуск — слой материала, подвергаемый снятию с заготовки при механической обработке. Припуск назначается в целях обеспечения точности действительных размеров, а также заданного качества поверхностного слоя обработанной детали.

Назначение припусков на обработку поверхностей будем производить табличным методом. Исходя из табличных значений определяем припуск нашей заготовки. Для начала найдем максимальный диаметр детали. На наибольший диаметр примем припуски на черновое точение 1 мм, согласно таблице припусков и 0.5 мм на чистовое точение. Припуск на длину детали точение возьмем по таблице, при размере детали 35 мм, мы можем взять значение припуска на одну сторону от 3 до 5мм, в нашем случае мы берем по 2.5 мм с каждой стороны, припуск на точение по длине составляет 5 мм.

По эскизу детали, видим, наибольший диаметр составляет 75 мм, с шероховатостью Ra 0.63 поэтому берем заготовку с диаметром 76.5 мм. Длина детали составляет 335 мм, припуск на точение составляет 5 мм. В итоге получаем заготовку вал с габаритными размерами 76.5x340. Чертеж заготовки на рисунке 1.2.1

### **1.5.6 Коэффициент использования материала**

Для определения нормы расхода материала необходимо определить массу заготовки. Массу заготовки рассчитывают исходя из его объема и плотности материала. Необходимо стремиться к тому, чтобы форма и размеры заготовки были близки к форме и размерам готовой детали, что уменьшает трудоемкость механической обработки, сокращает расход материала, режущего инструмента, электроэнергии и т.д.

Массу заготовки рассчитывают по формуле:

|  |
| --- |
| , |

где: - масса детали по чертежу, кг; - масса заготовки, кг.

Масса детали по чертежу известна, она составляет =6,208кг.

Теоретический вес 1 метра круга Мкр определяется по формуле: Mкр = L • ρу, где L — длина круга; ρу — теоретическая масса 1 м круга, вычисленная по его номинальным размерам:

При плотности стали ρ = 7826 кг/м3: ρу = 0,0062708 • d2, (кг/м), где d — диаметр круга в мм. Диаметр 76.5 мм. Плотность материала 7826 кг/м3. Вес будет равен при 0.340 м проката 9.78 будет равно.

Массу заготовки рассчитаем по диаметру, используя данные из ГОСТа 2590-2006 «Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый». Следовательно, масса одного метра проката диаметром Ø340мм составляет 9,78 кг

Следовательно, подставив значение =9,78кг. в формулу 4, получим:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |
| Вычисленный коэффициент равен 0,75, т.е. Ким <1, следовательно, деталь по этому показателю является технологичной. **1.5.7 Чертеж заготовки** Чертеж заготовки — это проекционное изображение изделия или его элемента, один из видов конструкторских документов содержащий данные для производства и эксплуатации изделия. Рабочий чертеж детали должен содержать все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, т.е. все проекции, разрезы и сечения, совершенно четко и однозначно объясняющие ее конфигурацию. На чертеже должны быть проставлены все размеры. Поверхности, которые обрабатываются на металлообрабатывающих станках, помечаются знаком. При обработке резанием с этих поверхностей заготовки срезается лишний слой металла припуск для придания изделию необходимой формы, точности заданных размеров и шероховатости поверхности. При решении задачи я руководствовался ГОСТ 2.109-73 чертеж заготовки. Данный вид изделия имеет размеры в длину 340 мм на диаметр ∅76.5 мм. Заготовка типа круг. Чертеж заготовки представлен ниже на рисунке 1.2.1 |  |

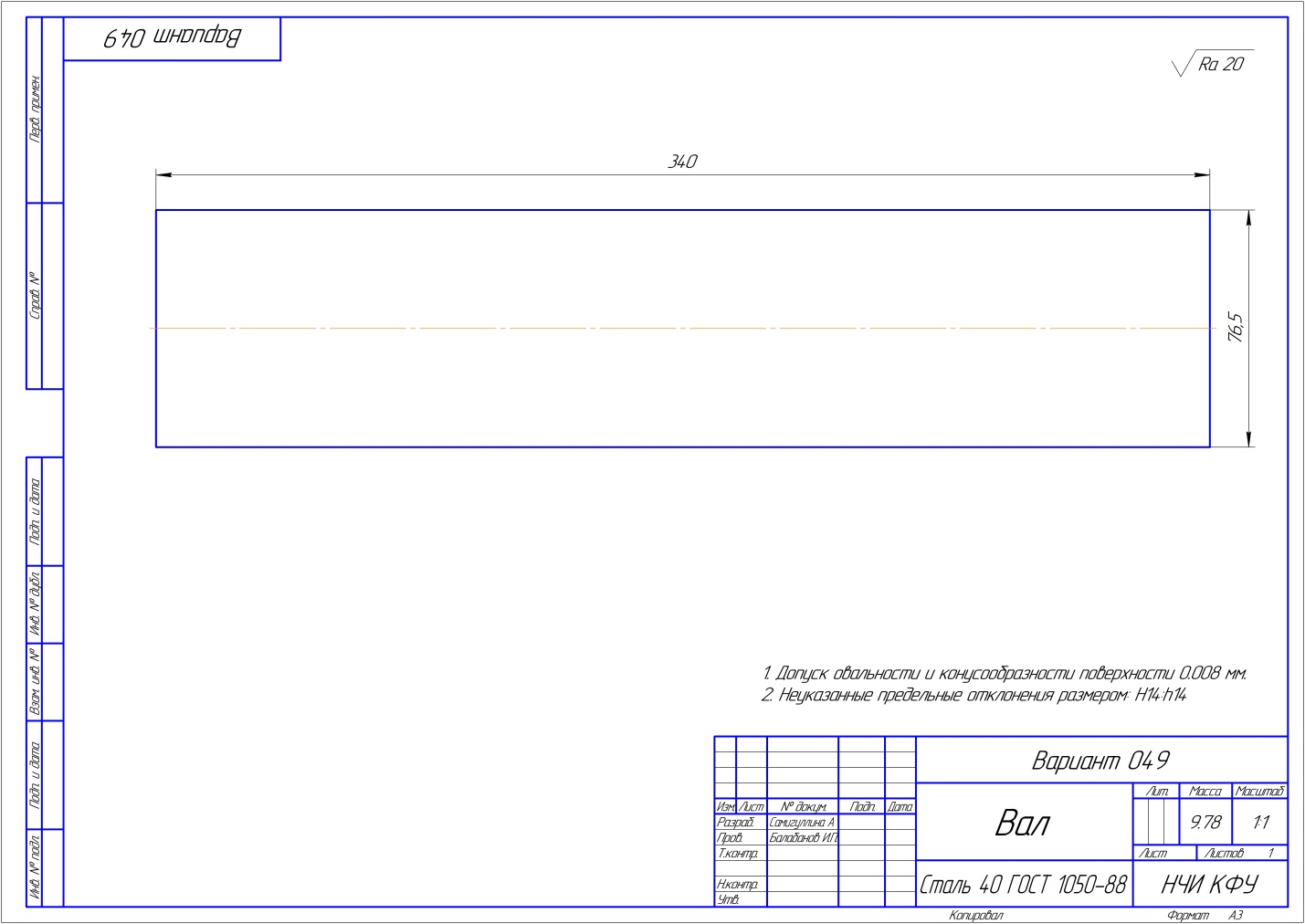


Рисунок 1.2.1 – заготовка детали вал

## **1.6 Разработка технологического процесса**

### **1.6.1 Описание технологического процесса:**

1. На токарном станке проходным резцом точится торец с одной стороны заготовки выдерживая размеры.

2. На токарном станке проходным резцом точится поверхность в черновую выдерживая размеры.

3. Не меняя установки заготовки проходным резцом точится канавка выдерживая размеры.

4. Меняем проходной резец для следующей канавки и также точим проходным резцом канавку выдерживая размеры.

5. После фасонным резцом с углом 45 точится фаска выдерживая размеры.

6. Не меняя установки точим вторую фаску с углом 45 выдерживая размеры.

7. Меняем установку детали и точим торец со второй стороны выдерживая размеры.

8. Также как в п.2 точим проходным резцом поверхность выдерживая размеры.

9. Не меняя установки заготовки проходным резцом точится канавка выдерживая размеры.

10. Меняя резец на фасонный, точим фаску с углом 45 выдерживая размеры.

11. Не меняя установки точим вторую фаску с углом 45 выд. размеры.

12. Меняя резец на резьбовой, нарезаем резьбу на поверхности.

13. Устанавливаем деталь на фрезерный станок и фрезеруем шпоночный паз шпоночной фрезой выдерживая размеры.

14. Не меняя установки фрезеруем шпоночный паз выдерживая размеры. выдерживая размеры.

15. На контрольной операции, устанавливаем деталь на шлифовальный станок и шлифуем поверхность выдерживая размеры.

### **1.6.2 Технологический процесс**

Таблица 1.6.1 – технологический процесс

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Операция | Установ | Позиция | Содержание перехода | Эскиз |
| 1. Токар-ная с ЧПУ | 1.1 | 1.1.1 | Точить торец в чистовую выдерживая размер 1 |  |
| 1.1.2 | Точить поверхность в черновую выдерживая размеры 2-11 |  |
| 1.1.3 | Точить канавку выдерживая размеры 12-21 |  |
| 1.1.4 | Точить переход в чистовую выдерживая размеры |  |
| 1.1.5 | Точить фаску выдерживая размеры 22-24 |  |
| 1.1.6 | Точить канавку выдерживая размеры 25-27 |  |
|  | 1.1.7 | Точить скругление выдерживая размеры 28-29 |  |
|  | 1.1.8 | Точить скругление выдерживая размеры 30-31 |  |
| 1.2 | 1.2.1 | Точить торец в чистовую выдерживая размер 32 |  |
| 1.2.2 | Точить поверхность в черновую выдерживая размеры 33-36 |  |
| 1.2.3 | Точить поверхность в чистовую выдерживая размеры 37-40 |  |
| 1.2.4 | Точить фаску выдерживая размеры 41-45 |  |
| 1.2.5 | Точить скругление выдерживая размер 46-47 |  |
| 1.2.6 | Нарезать резьбу выдерживая размеры 48-49 |  |
| 2. Фрезер-ная с ЧПУ | 2.1 | 2.1.1 | Фрезеровать шпоночный паз выдерживая размеры 50-51 |  |
| 2.2 | 2.2.1 | Фрезеровать шпоночный паз выдерживая размеры 52-60 |  |

## **2. Подготовка производства**

### **2.1 Расчет и назначение режимов резания**

При проектировании заготовки закладывают припуск (лишний материал), который убирается на токарных станках с определенной глубиной среза. По окончании обработки заготовка приобретает готовый вид изделия согласно конструкторской документации (выдерживаются заданные размеры, требуемая шероховатость, возможные допуски). Обобщенно обработка на токарных станках, или другими словами операция точения, можно описать следующим образом: режущий инструмент (резец) выполняет последовательные перемещения по заданной траектории и с заданной глубиной подачи по вращающейся заготовке.  
Подача инструмента, частота вращения детали в шпинделе, одним словом режимы резания, при токарной обработке назначаются исходя из совокупности технических показателей (требуемая точность, отклонение и шероховатость, указанная в конструкторской документации). При правильном подборе режимов резания при точении можно гарантировать, во-первых, получение всех предъявляемых требований к изделию, во-вторых, экономичное и эффективное производство, и наконец не мало важно грамотный подбор режимов резания позволяет сохранить режущий инструмент и оборудование и обеспечить безопасность токаря.  
Припуск – это закладываемая толщина материала, которую убирают при токарной обработке для получения размеров, указанных в конструкторской документации. Как было сказано ранее, припуск убирается с определенной глубиной среза за определенное количество проходов резца. Глубиной резания в механической обработке называется толщина материала, который срезают за один проход режущего инструмента, измеряемая в мм. При разработке технологического процесса данный параметр принято обозначать буквой английского алфавита «t». При токарной обработке она равна половине разности диаметров до и после обработки детали и находится по формуле 𝑡=(𝐷−𝑑)/2, где t – глубина резания; D — диаметр заготовки; d – требуемый диаметр детали. Подача при токарной обработке – это расстояние, пройденное режущей гранью режущего инструмента (токарного резца) при поперечном перемещении, проделанном ей за один полный оборот заготовки в шпинделе. Данный параметр измеряют в мм/об и обозначают заглавной английской буквой «S» и рассчитывают, основываясь на информации из технологических справочников. Величина подача прямо пропорциональна глубине резания и также непосредственно зависит от характеристик оборудования (мощности привода), габаритов и химико-физических свойств материала заготовки. При токарной обработке данный параметр находится по формуле ниже:

Скорость резания при токарной обработке – это величина, суммирующая путь, пройденный режущей гранью резца, по заданной траектории за минуту. Соответственно ее размерность: м/мин; и обозначают ее прописной английской буквой «v» и рассчитывают, основываясь на информации из технологических справочников или по формулам. Во втором случае расчет происходит последующему алгоритму: вычисляется глубина резания, t;− по справочнику выбирается подача S;− находится значение из таблицы;− определяется более точное значение;− учитывая скорость вращения шпинделя подбирается реальное−значение Определяется скорость резания в обобщенном случае по формуле:

где D — диаметр заготовки, мм; n — скорость шпинделя, об/мин [6]. Расчёт режимов резания выполнялся с помощью сервиса «Sandvik» для токарной операции 1.1.1 (Рисунок 2.1)



Рисунок 2.1 – режимы резания для торцевой обработки

Расчет режимов резания с помощью сервиса «Sandvik» для операции 1.1.4 (Рисунок 2.2)



Рисунок 2.2 – Расчет режимов резания для обработки канавки

Расчет режимов резания с помощью сервиса «Sandvik» для операции 1.2.7 (Рисунок 2.3)

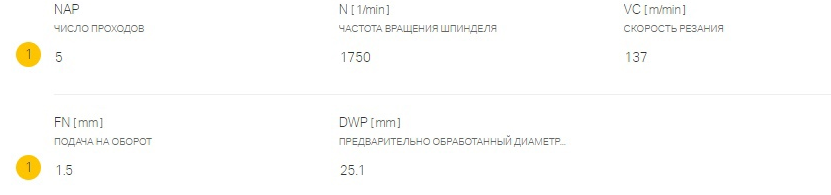


Рисунок 2.3 – Расчет режимов резания для нарезания резьбы

Согласно технологическому процессу, разработанному в предыдущем разделе, для токарной, фрезерной и шлифовальной операции, были рассчитаны режимы резания в таблице 2.1

Таблица 2.1 – режимы резания

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Операция | Содержание операции | V, мин | N,об/мин | S мм/об | t, мм | P, кВТ | Tобр,с | Тобщ,с |
| 1.1.1 | Точить торец | 279 | 4000 | 0,707 | 3,5 | 20.8 | 0,445 | 2,06 |
| 1.1.2 | Точить поверхность в черновую | 303 | 2720 | 0,592 | 0,75 | 4.86 | 5.41 | 11,88 |
| 1.1.3 | Точить поверхность в чистовую | 185 | 1990 | 0,12 | 3 | 3.81 | 0,822 | 2,02 |
| 1.1.4 | Точить переход | 186 | 1800 | 0,07 | 1,25 | 1,33 | 0,618 | 1,622 |
| 11.1.5 | Точить фаску | 303 | 2800 | 0,25 | 0,5 | 3,29 | 0,036 | 0,14 |
| 1.1.6 | Точить канавку | 303 | 2950 | 0,25 | 1.375 | 8,8 | 0,095 | 0,281 |
| 1.1.7 | Точить скругление | 279 | 4000 | 0,707 | 1 | 20.8 | 0,445 | 1,06 |
| 1.1.8 | Точить скругление | 279 | 4000 | 0,707 | 1 | 20.8 | 0,445 | 1,06 |
| 1.2.1 | Точить торец | 279 | 4000 | 0,707 | 3,5 | 20.8 | 0,445 | 2,06 |
| 1.2.2 | Точить в поверхность в черновую | 303 | 2720 | 0,592 | 0,75 | 17.1 | 4,61 | 10,12 |
| 1.2.3 | Точить поверхность в чистовую | 303 | 2950 | 0,592 | 1.375 | 8,8 | 2,57 | 5,71 |
| 1.2.4 | Точить фаску | 185 | 2540 | 0,12 | 1,45 | 3,81 | 0,302 | 0,902 |
| 1.2.5 | Точить скргуление | 279 | 4000 | 0,707 | 1 | 20.8 | 0,445 | 1,06 |
| 1.2.6 | Нарезать резьбу | 137 | 1750 | 1,5 |  |  | 2,23 | 5,26 |
| 2.1.1 | Фрезеровать шпоночный паз | 160 | 5090 | 0.0283 | 5 | 2.28 | 10.33 | 12.7 |
| 2.2.1 | Фрезеровать шпоночный паз | 100 | 2000 | 0,08 | 8 | 3.02 | 51,9 | 62,1 |

Согласно таблице 2.1 общее время механической обработки составило 114.77с. Учитывая время смены инструмента, перехвата и другие факторы, время, затраченное на обработку одной детали, составит:

Токарная – 39,97 с

Фрезерная – 74.8 с

Общее время на обработку одной детали:

### **2.2 Подбор инструмента**

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

Режущий инструмент необходимо выбирать по соответствующим стандартам и справочной литературе в зависимости от методов обработки деталей. Правильный выбор режущей части инструмента имеет большое значение для повышения производительности и снижения себестоимости обработки.  
 В качестве режущего инструмента были выбраны:  
Для токарной обработки:

- резец DSSNR 2525M 15; пластина SNMG 15 06 16-PR 4425 (рисунок 2.1, параметры инструмента отражены в таблице 2.2)

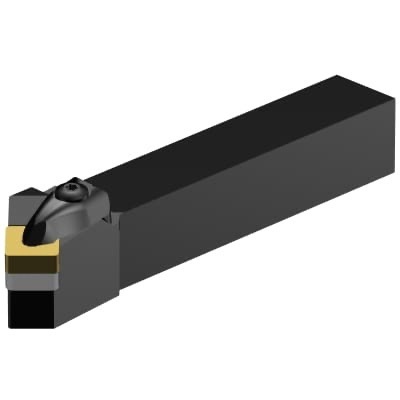


Рисунок 2.1 – Резец резец DSSNR 2525M 15

Таблица 2.2 – технические характеристики резца DSSNR 2525M 15

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Ширина хвостовика, мм | 25 |
| Высота хвостовика, мм | 25 |
| Функциональная длина, мм | 150 |
| Функциональная ширина, мм | 32 |
| Функциональная высота, мм | 25 |
| Вес, кг | 0,742 |
| Материал корпуса | Сталь |

Для фрезерной обработки:

- Шпоночная фреза А345030 (рисунок 2.2, параметры инструмента отражены в таблице 2.3)



Рисунок 2.2 – Шпоночная фреза A345030

Таблица 2.3 – технические характеристики фрезы A345030

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Диаметр резания, мм | 10 |
| Радиус при вершине, мм | 0,5 |
| Максимальная глубина резания, мм | 22 |
| Рабочая длина, мм | 22 |
| Максимальный угол врезания, мм | 7 |
| Вес, кг | 0,072 |
| Материал корпуса | Сплав 1730 |

Для токарной обработки:

- отрезное лезвие N123H2-0400-0004-TF 4325; пластина N123H2-0400-0004-TF 4325 (рисунок 2.3, параметры инструмента отражены в таблице 2.4)



Рисунок 2.3 – Резец для канавки N123H2-0400-0004-TF 4325

Таблица 2.4 – технические характеристики резца N123H2-0400-0004-TF

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Высота хвостовика, мм | 31.9 |
| Функциональная длина, мм | 150 |
| Функциональная ширина, мм | 3.675 |
| Функциональная высота, мм | 25 |
| Вес, кг | 0,112 |
| Материал корпуса | Сталь |

Для токарной обработки:

- Резец резьбовой: 266RFA-2020-16 пластина 266RG-16MM02A150M 1125 (рисунок 2.4, параметры инструмента отражены в таблице 2.5)



Рисунок 2.4 – Резец для нарезания резьбы 266RG-16MM02A150M

Таблица 2.5 – технические характеристики резца 266RG-16MM02A150M

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Ширина хвостовика, мм | 20 |
| Высота хвостовика, мм | 20 |
| Функциональная длина, мм | 125 |
| Функциональная ширина, мм | 20 |
| Функциональная высота, мм | 20 |
| Вес, кг | 0,361 |
| Материал коруса | Сталь |

Таблица 2.6 – Используемые инструменты

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Операция | Установ | Позиция | Инструмент |
| 1. Токарная | 1.1 | 1.1.1 | Резец проходной:  DSSNR 2525M 15  Пластина: SNMG 15 06 16-PR 4425 |
| 1.1.2 | Резец CP-25BR-2020-12  Пластина CP-B1208D-M5 4425 |
| 1.1.3 | Резец CP-25BR-2020-12  Пластина CP-B1208D-M5 4425 |
| 1.1.4 | Резец CP-25BR-2020-12  Пластина CP-B1208D-M5 4425 |
| 1.1.5 | Резец фасонный: CP-25BR-2020-12  Пластина: CNMG 12 04 16-PR 4335 |
| 1.1.6 | Отрезное лезвие: N123H55-25A2  Пластина:N123H2-0400-0004-TF4325 |
| 1.1.7 | Резец для наружного точения MWLNL2525M08  Пластина: CNMG 14 04 16-PR 4343 |
| 1.1.8 | Резец для наружного точения MWLNL2525M08  Пластина: CNMG 14 04 16-PR 4343 |
| 1.2 | 1.2.1 | Резец проходной:  DSSNR 2525M 15  Пластина: SNMG 15 06 16-PR 4425 |
| 1.2.2 | Резец проходной: CP-25BR-2020-12  Пластина: CP-B1208D-M5 4425 |
| 1.2.3 | Резец проходной CP-25BR-2020-12  пластина CP-B1208D-M5 4425 |
| 1.2.4 | Резец фасонный: CP-25BR-2020-12  Пластина: CNMG 12 04 16-PR 4335 |
| 1.2.5 | Резец для наружного точения MWLNL2525M08  Пластина: CNMG 14 04 16-PR 4343 |
| 1.2.6 | Резец резьбовой: 266RFA-2020-16  Пластина для резьбы: 266RG-16MM02A150M 1125  Опорная пластина режущей пластины: 5322 391-11 |
| 2. Фрезерная | 2.1 | 2.1.1 | Шпоночная фреза A345030 |
| 2.2 | 2.2.1 | Шпоночная фреза A345030 |

### **2.3 Выбор основного оборудования**

Согласно разработанному технологическому процессу по изготовлению детали будет рационально остановить свой выбор на токарно-фрезерном обрабатывающем центре.

Данный выбор можно аргументировать тем, что за счет универсальности такого обрабатывающего центра появляется возможность выполнить обработку изделия на меньшее количество переустановов, за счет чего повышается качество и точность готовой детали.

Выбор модели станка определяется, прежде всего, возможностью изготовления на нем деталей необходимых размеров и формы, качества ее поверхности.

Если эти требования можно обеспечить обработкой на разливных станках, определенную модель станка выбирают из следующих соображений:

1) Соответствия его основных размеров габаритам обрабатываемых деталей, устанавливаемых по принятой схеме обработки;

2) Производительности – заданному масштабу производства;

3) Возможности работать на заданных режимах резания;

4) Соответствие станка требуемой мощности при обработке;

5) Возможности механизации и автоматизации выполняемой обработки;

6) Обеспечение наименьшей себестоимости обработки;

7) Возможности приобретения станка;

8) Необходимости использования имеющихся станков;

Ключевые критерии, влияющие на выбор оборудования при токарной обработке:

* частота вращения шпинделя: не менее 5430 об/мин;
* частота вращения фрезерного шпинделя: не менее 14 400 об/мин;
* мощность шпинделя токарки: не менее 5,49 кВт;
* мощность шпинделя фрезерки: не менее 6,34 кВт;
* длина обрабатываемой заготовки: не менее 340 мм;
* обрабатываемый диаметр: не менее 76.5 мм.

Опираясь на предыдущие разделы, предъявляемые требования выше и после анализа представленного на рынке оборудования механической обработки, выбор остановлен на токарно-револьверном центре Haas с ЧПУ ST-10Y на рисунке 2.5 в количестве 1 шт., и вертикально-фрезерном обрабатывающем центре Haas VF-2SS в количестве 2 шт. (Рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 - Токарный станок Haas с ЧПУ ST-10Y

В Таблица 2.7 представлены технические характеристики выбранного ранее обрабатывающего центра.

Таблица 2.7 - технические характеристики станка Haas ST-10Y

|  |  |
| --- | --- |
| APACITIES | METRIC |
| Размер патрона | 165 mm |
| Максимальный диаметр обрабатываемой детали | 419 mm |
| Максимальный диаметр обработки (с револьверной головкой с креплением по стандарту BOT) | 305 mm |
| Максимальный диаметр обработки (с револьверной головкой с креплением по стандарту BMT65) | 173 mm |
| Max Cutting Diameter (with VB turret) | 305 mm |
| Максимальная длина резания (зависит от крепления) | 406 mm |
| Наибольший диаметр прутка | 44 mm |
| ХОДЫ | METRIC |
| Ось X | 200 mm |
| Ось Y | ± 51 mm |
| Ось Z | 406 mm |
| FEEDRATES | METRIC |
| Ускоренные перемещения по оси X | 12.0 m/min |
| Ускоренные перемещения по оси Y | 12.0 m/min |
| Быстрые перемещения по оси Z | 30.5 m/min |
| AXIS MOTORS | METRIC |
| Максимальное осевое усилие вдоль оси X | 10676 N |
| Максимальное осевое усилие по оси Y | 10231 N |
| Максимальное осевое усилие вдоль оси Z | 16458 N |
| SPINDLE | METRIC |
| Торец шпинделя | A2-5 |
| Максимальная мощность | 11.2 kW |
| Максимальная скорость | 6000 rpm |
| Максимальный крутящий момент | 102.0 Nm @ 1300 rpm |
| Диаметр отверстия тяговой трубы | 46 mm |
| Диаметр отверстия шпинделя | 58.7 mm |
| MAIN SPINDLE C AXIS | METRIC |
| Позиционирование (±) | 0.02 ° |
| Усилие зажима тормоза | 8896 N |
| Диаметр тормоза | 241 mm |
| Тип управления | Interpolated Motion and Positioning |
| TAILSTOCK | METRIC |
| Конус | MT3 |
| Перемещение гидравлической пиноли | 95 mm |
| Ручное позиционирование относительно корпуса | 508 mm |
| Максимальное осевое усилие (только для гидравлической пиноли) | 5026 N |
| Минимальное осевое усилие (только для гидравлической пиноли) | 623 N |
| TURRET | METRIC |
| Количество инструментов | 12-Station Hybrid (6 VDI; 6 BOT) |
| Инструменты для обработки наружных и внутренних диаметров | Any Combination (will vary with turret) |
| Втулка расточной оправки (сзади револьверной головки) | 19.1 mm |
| LIVE TOOLING | METRIC |
| Максимальная скорость | 4000 rpm |
| Инструментальная оснастка | VDI40 |
| ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ | METRIC |
| Объем СОЖ | 114 L |
| AIR REQUIREMENTS | METRIC |
| Требуемое количество сжатого воздуха | 113 L/min @ 6.9 bar |
| Встроенный воздушный шланг | 3/8 in |
| Муфта (пневматическая) | 3/8 in |
| Минимальное давление воздуха | 5.5 bar |
| ELECTRICAL SPECIFICATION | METRIC |
| Скорость вращения шпинделя | 6000 rpm |
| Система привода | Direct Speed, Belt Drive |
| Мощность, передаваемая шпинделем | 11.2 kW |
| Напряжение переменного тока на входе (трехфазный): низкое | 220 VAC |
| Полная нагрузка, амперы (трехфазный): минимальная | 40 A |
| Input AC Voltage (3 Phase) - High\* | 440 VAC |
| Full Load Amps (3 Phase) - High\* | 20 A |
| DIMENSIONS - SHIPPING | METRIC |
| Спутник для внутренних перевозок | 321 cm x 178 cm x 206 cm |
| Экспортный спутник | 321 cm x 178 cm x 206 cm |
| Масса | 3584.0 kg |

Также согласно технологическому процессу требуется выполнить фрезерную обработку на. вертикально-фрезерном обрабатывающем центре Haas VF-2SS.



Рисунок 2.6 - вертикально-фрезерный обрабатывающий центр VF-2SS

Таблица 2.8 - технические характеристики станка Haas VF-2SS

|  |  |
| --- | --- |
| ХОДЫ | METRIC |
| Ось X | 762 mm |
| Ось Y | 406 mm |
| Ось Z | 508 mm |
| Расстояние от переднего торца шпинделя до стола (~ макс.) | 610 mm |
| Расстояние от переднего торца шпинделя до стола (~ мин.) | 102 mm |
| SPINDLE | METRIC |
| Максимальная мощность | 22.4 kW |
| Максимальная скорость | 12000 rpm |
| Максимальный крутящий момент | 122.0 Nm @ 2000 rpm |
| Система привода | Inline Direct-Drive |
| Конус | CT40 | BT40 | HSK-A63 |
| Смазывание подшипников | Air / Oil Injection |
| Охлаждение | Liquid Cooled |
| СТОЛ | METRIC |
| Длина | 914 mm |
| Ширина | 356 mm |
| Ширина Т-образных пазов | 15.90 mm to 16.00 mm |
| Расстояние по центру Т-образных пазов | 125 mm |
| Количество стандартных Т-образных пазов | 3 |
| Максимальный вес на столе (равномерно распределенный) | 680 kg |
| FEEDRATES | METRIC |
| Резание на максимальную глубину | 21.2 m/min |
| Ускоренные перемещения по оси X | 35.6 m/min |
| Ускоренные перемещения по оси Y | 35.6 m/min |
| Быстрые перемещения по оси Z | 35.6 m/min |
| AXIS MOTORS | METRIC |
| Максимальное осевое усилие вдоль оси X | 8874 N |
| Максимальное осевое усилие по оси Y | 8874 N |
| Максимальное осевое усилие вдоль оси Z | 13723 N |
| TOOL CHANGER | METRIC |
| Тип | SMTC |
| Емкость | 30+1 |
| Максимальный диаметр инструмента (полный) | 64 mm |
| Максимальный диаметр инструмента (с пустыми соседними ячейками) | 127 mm |
| Максимальная длина инструмента (от мерной линии) | 279 mm |
| Максимальный вес инструмента | 5.4 kg |
| От инструмента до инструмента (среднее) | 1.8 s |
| Время от стружки до стружки (среднее) | 2.4 s |
| ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ | METRIC |
| Объем СОЖ | 208 L |
| AIR REQUIREMENTS | METRIC |
| Требуемое количество сжатого воздуха | 113 L/min @ 6.9 bar |
| Встроенный воздушный шланг | 3/8 in |
| Муфта (пневматическая) | 3/8 in |
| Минимальное давление воздуха | 5.5 bar |
| DIMENSIONS - SHIPPING | METRIC |
| Спутник для внутренних перевозок | 257 cm x 251 cm x 257 cm |
| Экспортный спутник | 249 cm x 232 cm x 254 cm |
| Масса | 3539.0 kg |
| Спутник для внутренних перевозок с конвейером | 315 cm x 257 cm x 265 cm |
| Вес с конвейером | 8380 lb |
| ELECTRICAL SPECIFICATION | METRIC |
| Скорость вращения шпинделя | 12000 rpm |
| Система привода | Inline Direct-Drive |
| Мощность, передаваемая шпинделем | 22.4 kW |
| Напряжение переменного тока на входе (трехфазный): низкое | 220 VAC |
| Полная нагрузка, амперы (трехфазный): минимальная | 70 A |
| Input AC Voltage (3 Phase) - High\* | 440 VAC |
| Full Load Amps (3 Phase) - High\* | 35 A |

### **2.4 Выбор вспомогательного оборудования.**

Для построения ГПС наряду с основным оборудованием применяют и вспомогательное, которое обеспечивает работу основного оборудования в автоматическом режиме в течение заданного срока. К таким вспомогательным средствам относят: робототехническое оборудование (загрузка-разгрузка, смена инструмента, приспособления); средства складирования заготовок, готовых изделий, приспособлений, инструментов; транспортно-накопительные устройства, контрольно-измерительные средства и др.

С целью обеспечения точной установки заготовки в патроне основного оборудования и удобства автоматической загрузки-выгрузки заготовок применим промышленные роботы коллаборативного типа. С учетом технических характеристик, веса заготовки (9.78 кг) и радиуса действия не менее 2.1 метра, выбираем ПР. модели Yaskawa HC10DT в количестве 3 штук (Рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 - коллаборативный робот Yaskawa HC25DT

• Функциональный блок безопасности в комплекте

Легкого обучения

• Перемещайте руку робота напрямую с помощью функции ручного управления: Простой режим обучения с помощью переключателя

Нет защитные ширмы от ветра, ограждения

• В зависимости от применения, HC10 может использоваться без защитного забора

В Таблица 2.9 представлены основные технические характеристики выбранного ПР.

Таблица 2.9 – основные технические характеристики Yaskawa HC10DT

|  |  |
| --- | --- |
| Название продукта | Промышленный робот-манипулятор YASKAWA HC10DT совместных 25 кг Грузоподъемность 1200 мм рука робота |
| Модель | HC10 |
| Применение | Обработка и общего применения |
| Максимальная дальность | 2200 мм |
| Максимальная полезная нагрузка | 25 кг |
| Повторяемость изображения (ISO 9283) | ± 0,1 мм |
| Количество осей | 6 |
| Установочная позиция | Пол, потолок, стена |
| Вес | 148кг |
| Степень защиты | IP67 |
| Контроллер | YRC1000Контроллер или YRC 1000 micro |
| Движений | |
| S | От 180 ° до-180° |
| L | От 180 ° до-180 ° |
| U | 355 ° ТП-5 ° |
| R | 180°К-180 ° |
| B | 180°К-180 ° |
| T | 180 °К-180 ° |

Для транспортировки заготовок и деталей будет использоваться конвейер. Необходимо взять во внимание, что:

длина заготовки: 340 мм;

длина готовой детали: 335 мм;

Масса: 6.208 кг.

Так как форма заготовки и детали в целом – вал, наиболее рациональным решением будет остановить свой выбор на конвейерной системе КЛ-Ж-80 особенно подходит в качестве однолинейного конвейера для синхронизированной транспортировки штучных товаров. Транспорт может быть, как обычным, так и ориентированным.

В дополнение к различным покрытиям для оптимально согласованного захвата заготовки к задней части ленты могут быть приварены, предпочтительно привинчены, различные кулачки или призмы для удержания заготовки. Система подходит для точной транспортировки, подачи и позиционирования при общей нагрузке до 250 кг. Система предлагает различную ширину ленты в зависимости от области применения, размеров заготовки и общей нагрузки.

Профиль корпуса конвейера также предлагает варианты подключения стоек, боковых направляющих, инициаторов и стопоров в имеющиеся системные пазы (ширина паза 10 мм) с двух сторон.

На представлен конвейер КЛ-Ж-80. В Таблица 2.10 представлены основные технические характеристики конвейера.



Рисунок.2.8 - конвейер ленточный КЛ-Ж-80

Таблица 2.10 - основные характеристики КЛ-Ж-80

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Длина конвейера, м | от 1 до 10 | от 11 до 20 | от 21 до 30 |
| Ширина конвейера, мм | 600; 750; 900; 1100 | | |
| Ширина ленты, мм | 500; 650; 800; 1000 | | |
| Производительность, т/ч | до 80 | до 70 | до 60 |
| Высота, мм | от 300 | | |
| Скорость, м/с | по запросу заказчика | | |
| Мощность, кВт | до 5,5 | | |
| Угол наклона, ° | до 30 | | |

Для транспортировки стружки из всего будет использоваться стальной ленточный и вибрационный конвейер. PRAB более универсальный, чем другие типы конвейеров, стальной ленточный конвейер PRAB может использоваться для обработки любого типа металлического лома - от кустистого материала до стружки и стружки, влажного или сухого - в любом объеме и на самых разных конвейерных путях



Рисунок 2.9 - стальные ленточные конвейеры

Мы выберем стальной ленточный конвейер прямого типа, который будет расположен под полом. Исходя из планировки цеха и грузопотока, длину выберем равной 12900 мм, а ширину 600 мм.

Для работы конвейера и шнекового транспортера необходим в количестве привод. Мотор-редуктор NMRV 050 состоит из одноступенчатого червячного редуктора NRV 050, сопряженного с асинхронным электродвигателем стандарта IEC.

Основные технические характеристики представлены в Таблица 2.11.



Рисунок 2.10 - мотор-редуктор NMRV - 050 - 5 - 560 – 1,5 - B1

Таблица 2.11 - технические характеристики выбранного мотора-редуктора

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность двигателя, кВт | Частота вращения выходного вала, об/мин | Крутящий момент, Нм | Сервис-фактор | Передаточное число | Двигатель IEC | Радиальная нагрузка, Н |
| 1,5 | 560.0 | 23 | 1.9 | 5 | 90S2 | 1251 |

Для захвата и удержания заготовки/детали роботом необходимо подобрать и выбрать захватывающее устройство. Ключевые критерии выбора:

Удерживаемая масса: не менее 9.78 кг;

Удерживаемые габариты: диаметр 76.5 мм.

Вышеперечисленным критериям соответствует электромеханический захват Weiss Robotics GRIPKIT-CR-PRO-S (2.11). В Таблица 2.12 представлены основные технические характеристики выбранного захватного устройства.



Рисунок 2.10 - Weiss Robotics GRIPKIT-CR-PRO-S

Таблица 2.12 - технические характеристики GRIPKIT-CR-PRO-S

|  |  |
| --- | --- |
| Производитель | Weiss Robotics |
| Максимальная рекомендуемая грузоподъемность при удержании трением (кг) | 15 |
| Максимальная рекомендуемая грузоподъемность при удержании формой (кг) | 27 |
| Максимальная грузоподъемность (кг) | 27 |
| Источник питания | 24 В |
| Включает плагин URCap (для Universal Robots) | Да |
| Масса устройства (кг) | 4,46 |
| Сила захвата (Н) | 30 - 60 |
| Ход пальцев (мм) | 100 |

## **3. Планировка цеха**

### **3.1 Анализ исходных данных**

Проектирование участка механического цеха для обработки детали «Вал»

Задача: спроектировать цех или участок, обеспечивающий заданную программу выпуска изделий определенной номенклатуры и тре­буемого качества, при минимальных приведенных затратах на изготов­ление и с учетом всех требований к охране труда.

При проектировании механосборочного производства необходимо решить технологические задачи: проработать вопросы технологичнос­ти изделий, спроектировать технологические процессы, рассчитать трудоемкость и станкоемкость операций, установить типаж, и коли­чество оборудования, состав и количество работающих, определить площади и размеры участков и цеха, раз­работать компоновку цеха и планировку оборудования.

Исходные данные для проектирования участка, приведены в таблицах 3.1., 3.2.

Таблица 3.1. Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Марка  материала | Вид заготовки | Число деталей | Масса | |
| На основную | Деталь | Заготовка |
| шт. | кг | кг |
| Вал | Сталь 40 | прокат | 150000 | 6,02 | 9,78 |

Таблица 3.2. Штучно-калькуляционное время

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № операции | Наименование операции | Штучно-калькуляционное время, tшт.к., мин |
| 005 | Транспортирование | - |
| 010 | Токарная | 0,66 |
| 015 | Фрезерная | 1,25 |
| 020 | Контроль | - |
| 025 | Транспортирование | - |

На начальной стадии проектирования по годовой программе вы­пуска изделий и их номенклатуре определяется тип производства, в дальнейшем степень специализации и особенности исполь­зуемого оборудования.

### **3.2 Определение типа производства**

Тип производства зависит от заданной программы выпуска и трудоемкости изготовления изделия.

На основе годовой программы равной 150000 штук и массы 9,78 кг определяем тип производства. По таблице 3.3. Тип производства принимаем массовое производство.

Таблица 3.3. Тип производства

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса детали, кг | Величина годовой программы, шт. | | | | |
| Единичное производство | Мелкосерийное производство | Серийное  производство | Крупносерийное производство | Массовое производство |
| До 1.0 | 10 | 10-1500 | 1500-75000 | 750000-200000 | 200000 |
| 1,0-2,5 | 10 | 10-1000 | 1000-50000 | 50000-100000 | 100000 |
| 2,5-5,0 | 10 | 10-500 | 500-35000 | 35000-75000 | 75000 |
| 5,0-10 | 10 | 10-300 | 300-25000 | 25000-50000 | 50000 |
| 10 и более | 10 | 10-200 | 200-10000 | 10000-25000 | 25000 |

Рассчитываем годовую программу выпуска для каждой операции по формуле:

(1)

Среднее штучное или штучно-калькуляционное время, мин:

; (2)

где = 0,95 мин – среднее штучное или штучно-калькуляционное время, мин;

= 2 – число операций.

Расчет годовой программы выпуска для токарной операции:

1650 н/ч.

Расчет годовой программы выпуска для фрезерной операции:

3100 н/ч.

Расчет среднего штучно-калькуляционного времени:

мин

Расчетные данные вводим в таблицу 3.4. Трудоемкость годового выпуска.

Таблица 3.4.Трудоемкость годового выпуска

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опер. | Наименование технологической операции | Модель оборудования | Нормы времени | | Трудоемкость годового выпуска,  час |
| То, мин | tшт, мин |
| 005 | Транспортирование | - | - | - | - |
| 010 | Токарная | Haas ST-10Y | 0,49 | 0,66 | 1650 |
| 015 | Фрезерная | Haas VF-2SS | 1,03 | 1,24 | 3100 |
| 020 | Контроль | - | - | - | - |
| 025 | Транспортирование | - | - | - | - |
| ИТОГО | | | 1,52 | 1,90 | 4750 |

Определение партии запускаемых деталей для серийного производства производим по формуле:

= 3000 шт. (3)

где – партия запускаемых деталей;

= 150000 шт.– годовая программа выпуска;

– число рабочих дней в году;

= 5 дней – число дней запаса, в течение которых должны быть заготовлены детали. Эта величина колеблется в пределах 5...8 дней.

Такт выпуска определяем по формуле:

== =0,76 мин/шт. (4)

где – действительный годовой фонд времени работы оборудования;

= 150000 шт.– годовая программа выпуска.

(5)

где = 3% – это коэффициент учитывающий пребывание оборудования в ремонте (от 2 до 6%);

– номинальный фонд времени работы оборудования в год:

=250·8·1= 2000 часов. (6)

где = 250 – количество рабочих дней в году (согласно производственному календарю;

= 8 час – нормальная продолжительность смены;

= 1 – количество рабочих смен в сутках при принятом режиме работы.

### **3.3 Расчет потребного оборудования и его загрузка**

К основному оборудованию относятся производственное оборудование, непо­средственно выполняющее операции технологического процесса.

Состав технологического оборудования выбирается в соответст­вии с операциями технологического процесса обработки детали, с уче­том определенного типа производства и формы его реализации.

Тип станка для выполнения конкретной операции выбирается со­гласно классификации металлорежущих станков*,* при условии обес­печения требуемой точности и качества обработки детали, а также ее габаритов.

Число станков определяем для каж­дой операции (в автоматической линии– для каждой позиции) изготов­ления. При этом определяем расчетное значение числа станков:

, (8)

где – штучное время выполнения операции, мин.

– такт выпуска деталей, мин.

Полученное расчетное значение округляем до ближайшего большего це­лого числа, получая принятое число станков Сп для данной опе­рации.

Определяем расчетное количество оборудования для токарной операции:

Отсюда ст.

Определяем расчетное количество оборудования для фрезерной операции:

Отсюда ст.

Определяем суммарное принятое количество оборудования на изготовление детали:

(9)

где = 1 – принятое количество оборудования на токарную операцию;

= 1 – принятое количество оборудования на фрезерную операцию;

1+2= 3 ст.

Определяем суммарное расчетное количество оборудования на изготовление детали:

, (10)

где = 0,87 – расчетное количество оборудования на токарную операцию;

= 1,63 – расчетное количество оборудования на фрезерную операцию;

0,87+1,63=2,5 станков.

Коэффициент загрузки станков на дан­ной операции, который равен отношению фактического времени работы станка к эффективному фонду времени, планируемому для ее выполнения:

=, (11)

где – штучное время выполнения операции, мин;

– такт выпуска деталей, мин;

–принятое количество оборудования на данную операцию;

–расчетное количество оборудования на данную операцию.

Рассчитываем коэффициент загрузки станков для токарной операции:

Рассчитываем коэффициент загрузки станков для фрезерной операции:

Среднее значение коэффициента загрузки оборудования:

, (12)

.

Коэффициент использования оборудования по времени определяется по формуле:

(13)

где – основное время на обработку, мин;

– штучное время на обработку, мин

Рассчитываем коэффициент использования оборудования по времени для токарной операции:

=0,64

Рассчитываем коэффициент использования оборудования по времени для фрезерной операции:

=0,67

Как показывают расчеты, коэффициент загрузки оборудования больше нормальной загрузки: .

.

Расчет состава основного технологического оборудования приведен в таблице 3.6

Таблица 3.6. Расчет состава основного технологического оборудования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опер. | Наименование технологической операции | Модель станка | Нормы времени | | Ср | Сп | Кз | Ки |
| То мин | Тшт мин |
| 010 | Токарная | Haas ST-10Y Токарная с ЧПУ | 0,49 | 0,66 | 0,87 | 1 | 0,87 | 0,64 |
| 015 | Фрезерная | Haas VF-2SS Фрезерная с ЧПУ | 1,03 | 1,25 | 0,82 | 2 | 0,82 | 0,67 |

### **3.4 Расчет производственной площади участка**

Производственную площадь участка определяем укрупнённым способом по формуле:

, (17)

где – производственная площадь участка;

= 3 ст. – общее количество единиц оборудования;

= 35 м2 – удельная площадь на единицу оборудования, зависит от типа производства, характеристики обрабатываемой детали, особенностей планировки, принимаем по справочным данным.

Габаритные размеры оборудования приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7. Габаритные размеры оборудования

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование технологической операции | Модель станка | Габаритные размеры |
| Токарная | Haas ST-10Y Токарная с ЧПУ | 4622х2642х2108 |
| Фрезерная | Haas VF-2SS Фрезерная с ЧПУ | 2800х2000х1900 |

Выбор сетки колонн и высоты пролётов определяется технологическим процессом и рациональным размещением оборудования, а также экономичностью строительства. Механосборочный цех, в состав которого будет входить данный участок, размещаем в одноэтажном здании с сеткой колонн 18×6 м и высотой пролётов 8,4 м. Ширина магистрального проезда 4500 мм, цехового проезда 1500 мм.

### **3.5 Определение вида транспортной системы**

Основное назначение транспортной системы следующее:

* Доставка со склада заготовок на производственные участки;
* Доставка, ориентирование и установка заготовок, полуфабрикатов и изделий в требуемый момент времени на требуемое технологическое оборудование;
* Съем полуфабрикатов или готовых изделий с оборудования и последующая их транспортировка в заданный адрес;
* Доставка полуфабрикатов или готовых изделий с производственных участков на сборку или склад.

Грузы классифицируют по транспортно-технологическим признакам: размеру, массе, форме, способу загрузки, виду и свойствам.

Для выбора оптимального типа транспортирующих средств рекомендуют разбивать грузы на следующие группы:

1. По массе транспортируемых грузов: легкие (0,001 - 0,5 кг), средние (0,5 - 16 кг), тяжелые (свыше 16 кг);
2. По способу загрузки: в таре, без тары, навалом, ориентированные;
3. По форме: типа вала, корпусные, дискообразные, спицеобразные (длинномерные) и т.д.
4. По виду материала: металлические, не металлические и т.д.
5. По свойствам материала: твердые, хрупкие, пластичные, магнитные

Транспортные системы классифицируют:

* По назначение: внутрицеховые, межоперационные;
* По способу перемещения: грузы в таре и без тары, ориентированные и навалом;
* По принципу движения: периодические и непрерывные;
* По направлению движения: прямоточные и возвратные;
* По уровню расположения рабочей ветви: напольные, эстакадные, подвесные;
* По принципу работы: несущие, толкающие, тянущие;
* По схеме движения: линейные и замкнутые, ветвящиеся и неветвящиеся;
* По конструктивному исполнению: рельсовые и безрельсовые;
* По принципу маршрутослежения: механические (по направляющим), на приборах с зарядной связью, индуктивные, гидроскопические, оптоэлектронные и радиоуправляемые

### **3.6 Определение величины и мощности грузопотока**

Внутрицеховая транспортная система предназначена для своевременной доставки заготовок, полуфабрикатов, готовых изделий, материалов и других грузов со склада на требуемый производственный участок, для транспортировки между участками.

На основании потребности производственных участков в грузах, отправляемых каждым складом для обеспечения заданной программы выпуска изделий, определяют грузопотоки и наносят их на схему транспортных связей цеха.

Величину межцехового (внутрицехового) грузопотока определяют по формуле:

, (18)

где = 9,78 кг – черновая масса изделия;

= 150000 шт. – годовая программа выпуска;

– число наименований деталей;

= 9,78·150000=1467000 кг

Величину межоперационного грузопотока определяют по формуле:

, (19)

где = 6,206 кг – чистовая масса изделия*.*

*q = 6*,206·150000=930900 кг

Величину грузопотока стружки, образуемой за час, определяют по формуле:

, (20)

где – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, час*.*

кг/час

Способ уборки стружки исходя из полученных данных – механизированный (стружка отвод).

Выбор типов грузоподъемности и количества транспортных средств

При выборе типов грузоподъемности и количества транспортных средств учитывают разделение транспортных средств на основные и вспомогательные. Основные транспортные средства проектируют централизованно и выпускают серийно, вспомогательные – изготавливают по месту, и их типоразмеры многообразны.

К основным транспортным средствам относят конвейеры, транспортные роботы, устройства пневмо- и гидротранспорта.

К вспомогательным транспортным средствам относятся ориентаторы, адресователи, подъемные столы, поворотно-координатные столы, подъемники, производственная тара.

В качестве внутрицехового транспорта применяют: подвесные толкающие конвейеры; подвесные грузонесущие цепные конвейеры; однорельсовые подвесные дороги; электро- и автотягачи, электрокары и автокары, электропогрузчики, приводные и ручные тележки.

В качестве межцехового (внутрицехового) транспортного средства выбираем электропогрузчик (грузоподъемность 0,5 – 3 т).

### 

### **3.7 Выбор межоперационного транспорта**

Межоперационные транспортные устройства должны обеспечивать надежную, бесперебойную, быструю и легкую передачу деталей от станка к станку, обеспечить возможность размещения на них деталей, накапливающихся перед станком в период его остановки на наладку или текущий ремонт.

Выбор межоперационного транспорта зависит от степени непрерывности грузопотока, массы, формы, габаритов деталей, необходимой скорости передвижения.

В качестве межоперационного транспорта применяют подвесные, эстакадные, с зубчатым ремнем и напольные конвейеры.

В качестве межоперационного транспортного средства выбираем конвейер с зубчатым ремнем (грузоподъемность 250кг). На рисунке 3.1 представлена планировка автоматизированного участка.

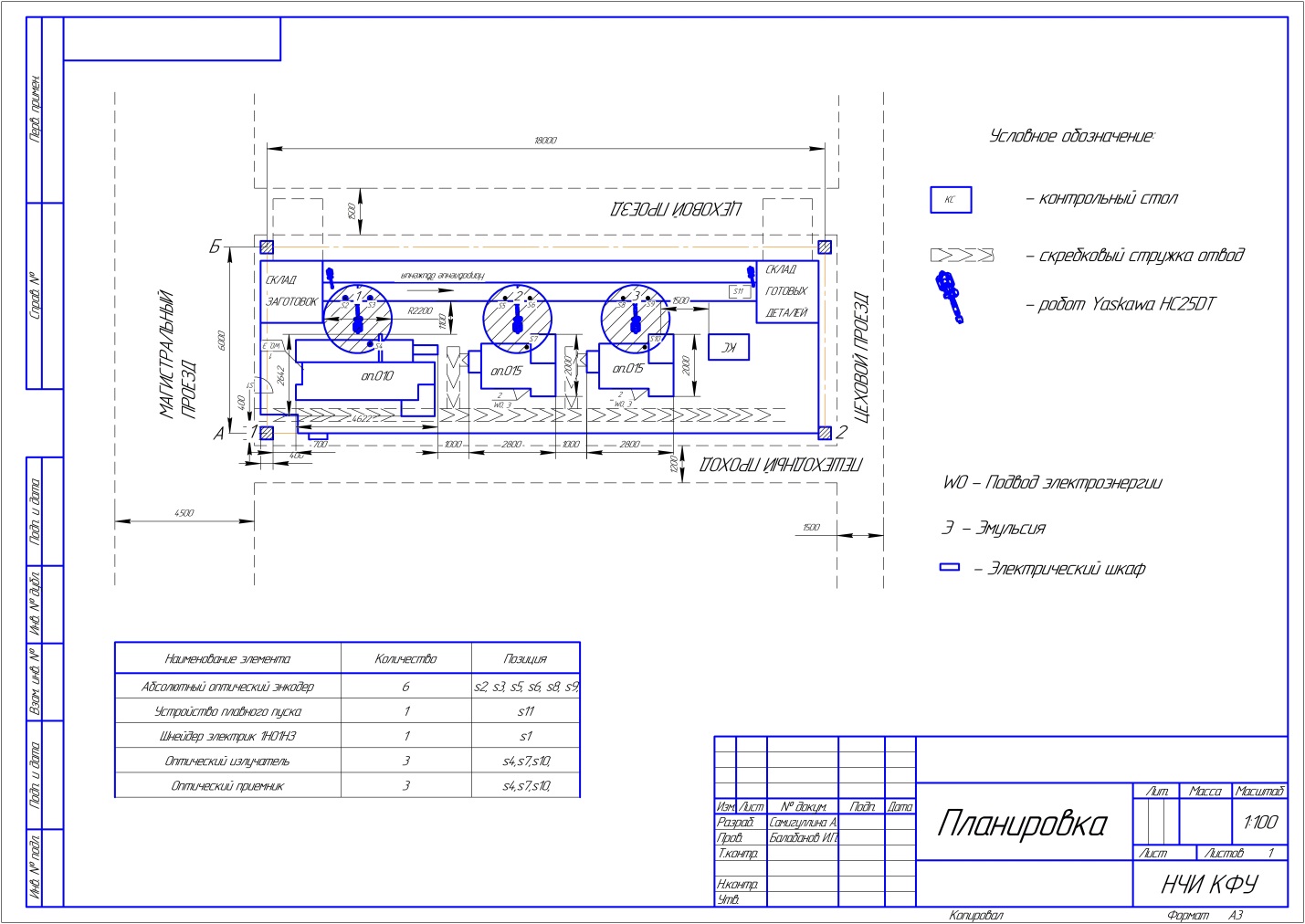


Рисунок 3.1 планировка участка

## **4. Выбор датчиков**

1) Барьерные датчики наличия заготовки

Для того, чтобы определить наличие заготовки на конвейере в конкретном месте будем использовать оптические датчики барьерного типа.

Ключевые критерии выбора:

Расстояние срабатывания: не менее 1000 мм;

Оптический датчик (излучатель) Wenglor OSII403Z0103 (рисунок 4.1) отвечает заданным критериям выбора. В таблице 4.1 представлены основные характеристики излучателя.



Рисунок 4.1 – оптический датчик (излучатель)

Таблица 4.1 – характеристики излучателя

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Число контактов, pin | 4 |
| Источник излучения | Светодиод |
| Защита от перегрузки | Да |
| Функциональный принцип | Однолучевой световой барьер |
| Расстояние срабатывания, м | 4 |
| Ток потребления | < 40 мА |
| Размеры, мм | 20 |
| Температура эксплуатации °С | -25…+60 |

Оптический излучатель Wenglor OSII403Z0103 работает в паре с приемником. Основные критерии выбора приемника:

Дальность действия: не менее 1000 мм;

Напряжение питания: 24 В DC;

Минимальная задержка срабатывания;

Высокая частота циклов;

Допустимая освещенность подходит к любому типу производства.

Оптический датчик Wenglor (приемник) OEII403C0103 (рисунок 4.2). В таблице 4.2 представлены основные характеристики приемника.



Рисунок 4.2 – оптический датчик (приемник)

Таблица 4.2 – характеристики приемника

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Число контактов, pin | 4 |
| Источник излучения | Светодиод |
| Напряжение питания | 10-30 DC |
| Частота переключения, Гц | 500 |
| Функция переключения | На свет/затемнение |
| Температура эксплуатации °С | -25….+60 |
| Функциональный принцип | Однолучевой световой барьер |

2) Датчик открытия калитки.

В зоне открытия двери для входа на огороженный участок устанавливается датчик определяющий открытое положение двери (наличие человека на участке).

При выборе концевого выключателя необходимо было учесть критерии:

Наличие ролика на подвижной части концевого выключателя для большей износоустойчивости;

Мгновенное действие контактов.

Под данные критерии подходит датчик «Шнейдер Электрик» 1НО1НЗ c кабелем (рисунок 4.3). Ключевые характеристики представлены в таблице 4.3.



Рисунок 4.3 – «Шнейдер электрик» 1НО1НЗ

Таблица 4.3 – характеристики датчика открытия калитки

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Тип | Концевой выключатель |
| Тип головки | Поворотная головка |
| Тип рукоятки | Рычаг с роликом с пружинным возвратом |
| Рабочая температура, °С | -25…..+70 |

3) Устройство плавного пуска.

Критерии выбора устройства плавного пуска:

Выходное напряжение: 230 В AC;

Мощность привода: 1,5 кВт;

Количество фаз: 3;

Ток потребления приводом: 6,24 А;

Пусковой ток: 22,2 А.

Устройство плавного пуска ATS01 9А 1,5кВт (рисунок 4.4). Ключевые характеристики представлены в таблице 4.4.



Рисунок 4.4 – устройство плавного пуска

Таблица 4.4 – характеристики устройства плавного пуска

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Число фаз | 3 |
| Номинальное напряжение сети, В | 200…240 |
| Мощность двигателя, кВт | 1.5 |
| Потребляемый ток, А | 45 при номинальной нагрузке |
| Рабочая температура, °С | -10….+40 |

4) Абсолютный оптический энкодер

Критерии выбора оптического энкодера:

Быстрая скорость передачи;

Частота токовых посылок не менее 500;

Устройство абсолютного оптического энкодера (рисунок 4.5). Ключевые характеристики представлены в таблице 4.4.



Рисунок 4.5 – Абсолютный оптический энкодер

Таблица 4.5 – характеристики абсолютного оптического энкодера

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Значение |
| Корпус | Алюминий, нержавеющая сталь |
| Скорость передачи , МБод | 12 |
| Частота токовых посылок, кГц | 800 |
| Напряжение питания (макс), мА | 230 (при 10 В)  100 (при 24 В) |
| Рабочая температура, °С | -40…85 |
| Степень защиты | IP65 |

## **5. Описание циклограммы**

Робот перекладывает со склада заготовок заготовку, на конвейер с зубчатым ремнем, когда заготовка попадает на конвейер, устройство плавного пуска (s11) включает двигатель и перемещает заготовку по конвейеру до оптического датчика (s2). Робот 1 берет заготовку и устанавливает в токарный станок, датчик (s4), по окончанию операции, робот 1 ставит заготовку на конвейер (s3). Устройство плавного пуска (s11) включает двигатель и перемещает заготовку по конвейеру до оптического датчика (s5). Робот 2 берет заготовку и устанавливает во фрезерный станок (s7), по окончанию операции, робот 2 ставит заготовку на конвейер (s6). Устройство плавного пуска (s11) включает двигатель и перемещает заготовку по конвейеру до склада готовых деталей. Вторая заготовка, Робот перекладывает со склада заготовок заготовку, на конвейер с зубчатым ремнем, когда заготовка попадает на конвейер, устройство плавного пуска (s11) включает двигатель и перемещает заготовку по конвейеру до оптического датчика (s2). Робот 1 берет заготовку и устанавливает в токарный станок, датчик (s4), по окончанию операции, робот 1 ставит заготовку на конвейер (s3). Устройство плавного пуска (s11) включает двигатель и перемещает заготовку по конвейеру до оптического датчика (s8). Робот 3 берет заготовку и устанавливает во фрезерный станок (s10), по окончанию операции, робот 2 ставит заготовку на конвейер (s9). Устройство плавного пуска (s11) включает двигатель и заготовку по конвейеру до робота, который перекладывает готовую деталь на склад заготовок

На рисунке 5.1 представлена циклограмма начала работы участка

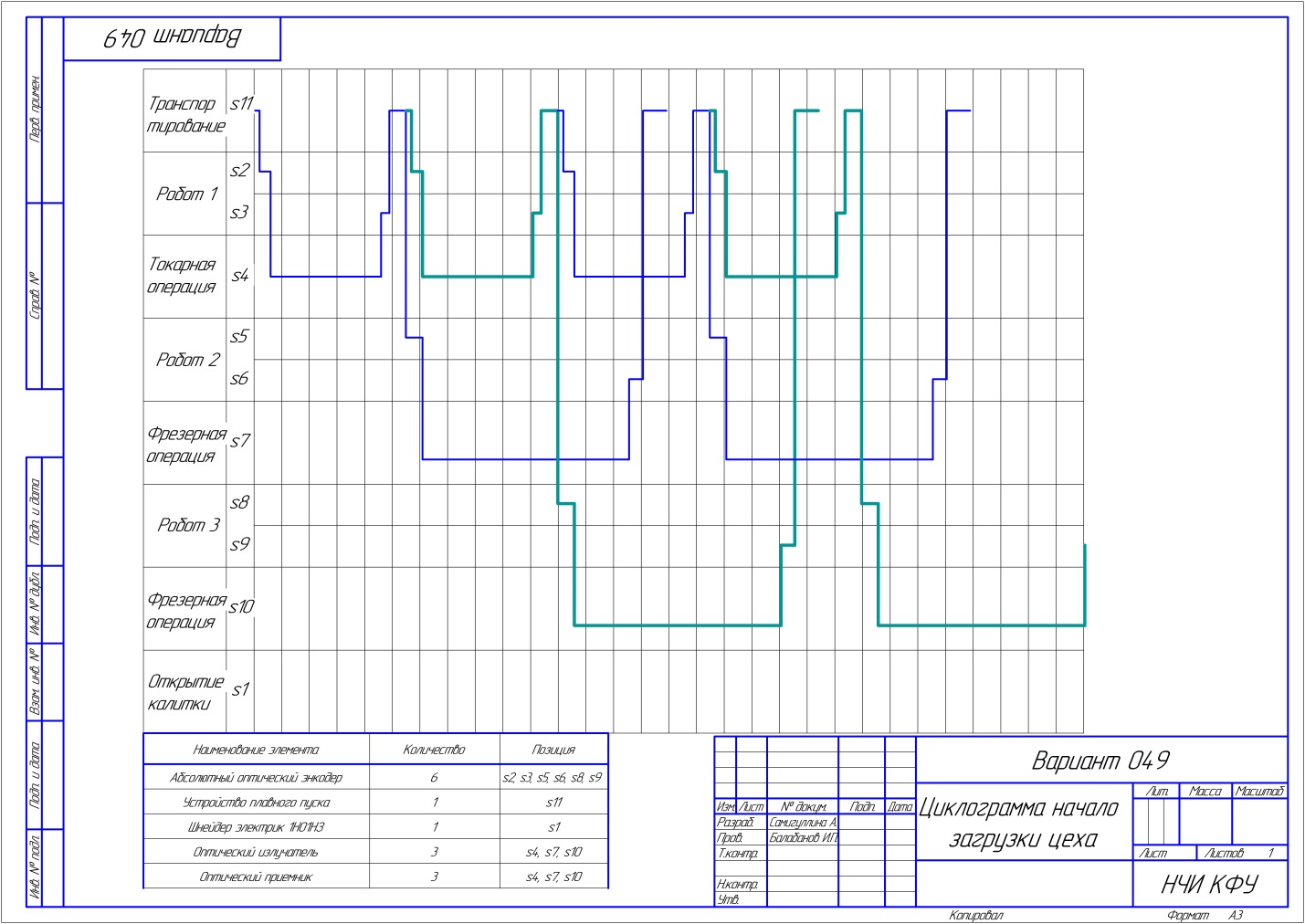


Рисунок 5.1 – циклограмма начала работы участка

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данной курсовой работы был разработан автоматизированный участок по изготовлению детали «Вал».

Было проанализировано и выбрано основное и вспомогательное оборудование, датчики и другие элементы для организации автоматической системы управления. На участке установлены датчики, позволяющие работать без участия человека.

Был разработан технологический процесс изготовления детали вал, автоматизированная планировка участка, циклограмма и описание ее работы.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 7.32-2017 Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/ document/1200157208. – (Дата обращения 15.01.2025). Режим доступа: свободный.

2. Давыдов, В.П. Конструктивные элементы деталей / В.П. Давыдов. – Санкт-Петербург:, 2010. – 43 с.

3. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики [электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/ 1200003160. – (Дата обращения 15.01.2025). Режим доступа: свободный.

4. ГОСТ 24642-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей [электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200011736. – (Дата обращения 10.01.2025). Режим доступа: свободный.

5. Определение типа производства [электронный ресурс]. URL: https://libraryno.ru/4-5-opredelenie-tipa-proizvodstva-osn\_tex\_mash/. – (Дата обращения 12.01.2025). Режим доступа: свободный.

6. Барановского, Ю. В. Режимы резания металлов. Справочник / Ю. В. Барановского. – : Машиностроение, 1972. – 408 с.

## **Приложение А**

## **Чертеж детали «Вал»**

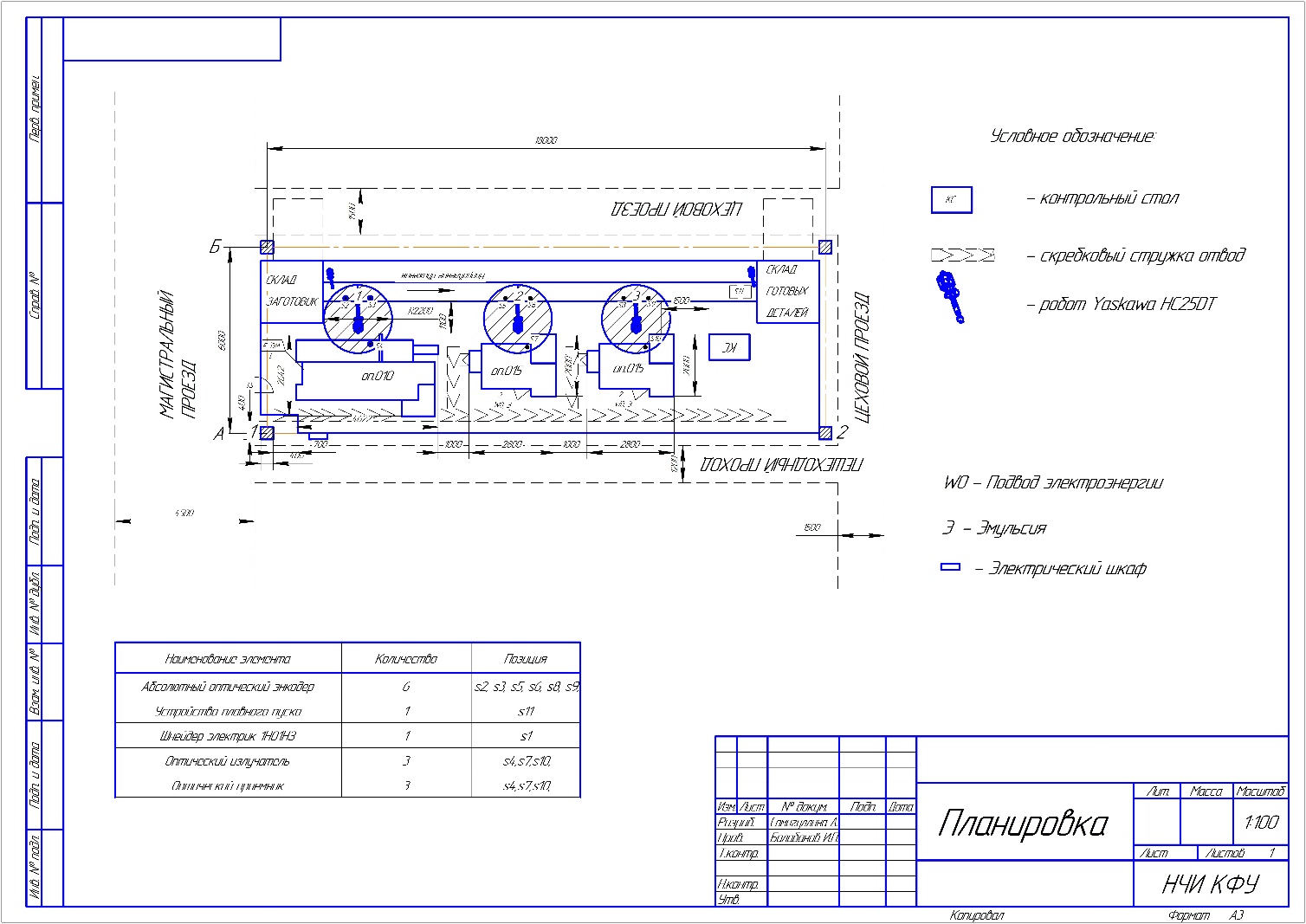
## **Приложение Б**

## **Чертеж заготовки детали «Вал»**

## 

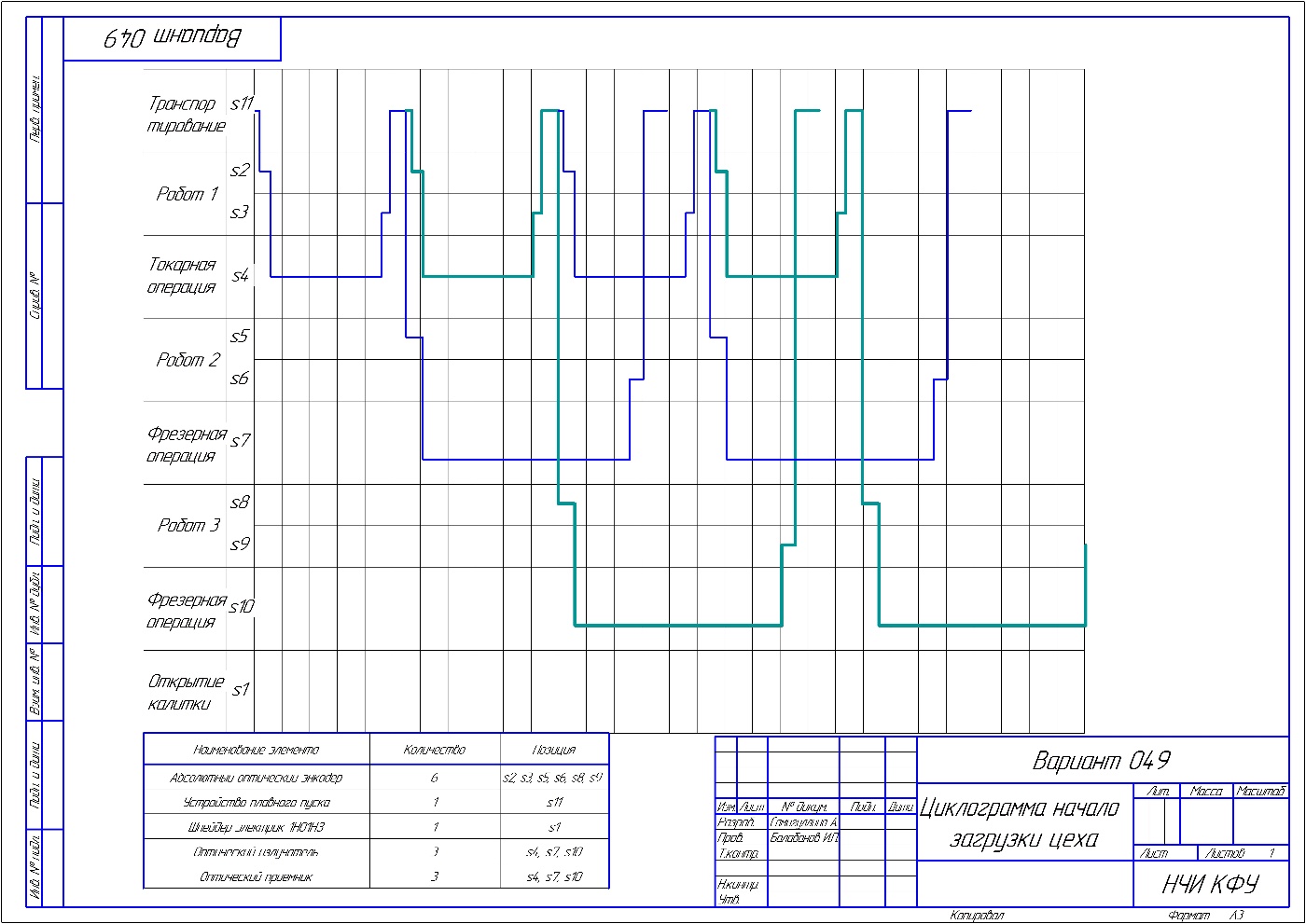
## **Приложение В**

## **Планировка автоматизированного цеха**



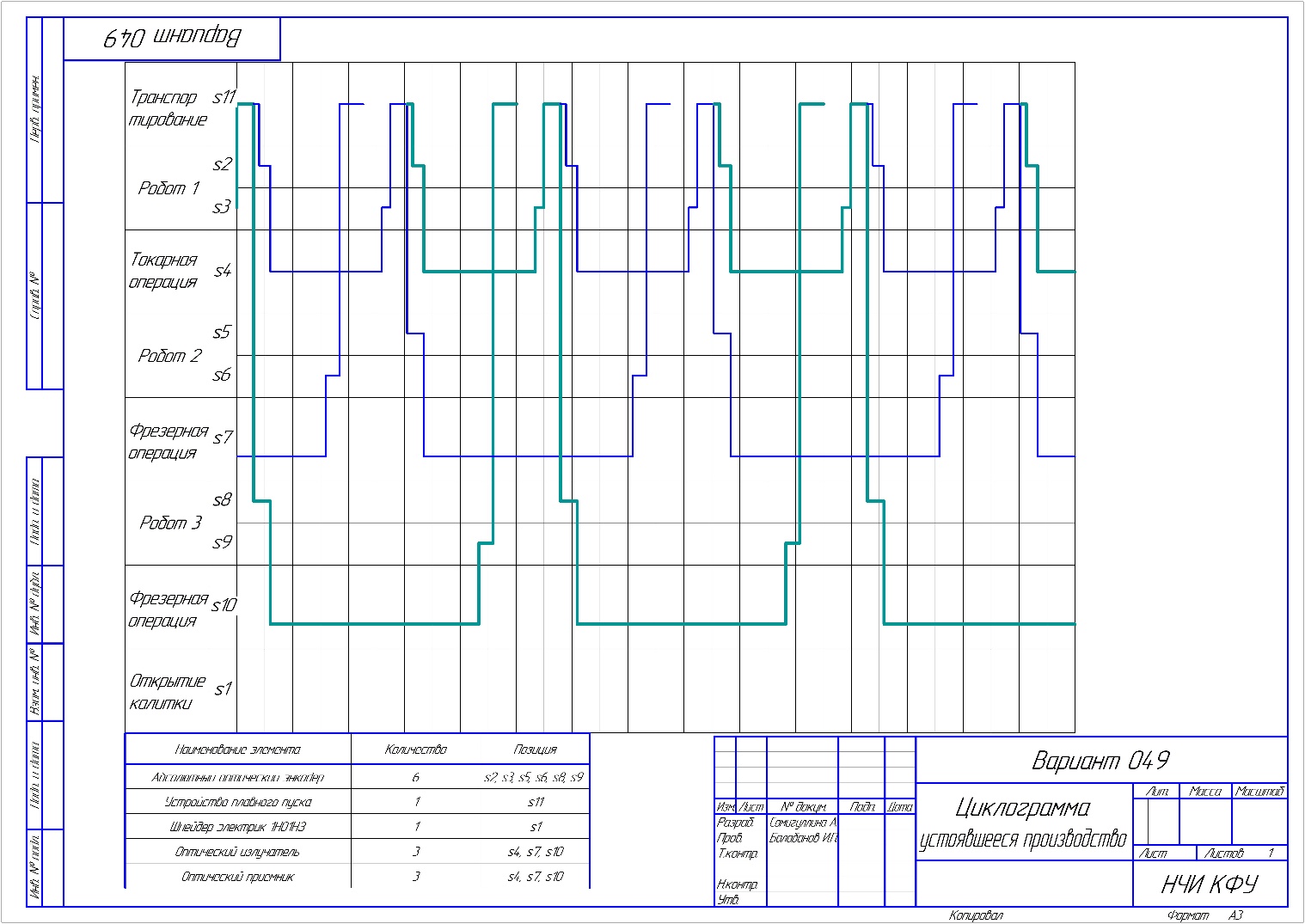
## **Приложение Г**

## **Чертеж циклограммы (начало работы)**



## **Приложение Д**

## **Чертеж циклограммы (устоявшийся процесс)**



## **Приложение Е**

## **Чертеж циклограммы (конец работы)**

