

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Институт металлургии, машиностроения и транспорта

Кафедра «Технологические процессы и оборудование автоматизированных
машиностроительных производств»

Допускаю к защите

И.О. Зав.кафедрой _____ А.В. Приемышев

«_____» _____ 2015 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема: Фрезерно – роторной обрабатывающий центр
(комплексный дипломный проект)

Специальность: 151002 – "МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ И
КОМПЛЕКСЫ"

Выполнил

студент группы 53329/3

А.А. Балашов

Руководитель

д.т.н., профессор

Е.П. Калинин

Консультанты:

по экономической части

к.в.н., доцент

В.И. Петрович

по вопросам БЖД

к.т.н., доцент

А.И. Демидов

Рецензент

к.т.н., доцент

С.В. Портнов

Санкт-Петербург
2015г.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1.	Введение	3
2.	Описание станка базовой компоновки	5
3.	Назначение и основные технические характеристики модернизируемого станка	8
4.	Расчет шпинделя станка	10
4.1.	Расчет на жесткость	10
4.2.	Выбор подшипников шпинделя	13
4.3.	Расчет подшипников качения шпинделя на динамическую грузоподъемность и долговечность	14
5.	Расчеты по приводу продольной подачи	17
5.1.	Кинематический расчет привода продольной подачи	17
5.2.	Определение тягового усилия	18
5.3.	Определение требуемой мощности и момента электродвигателя	19
5.4.	Проверка выбранного электродвигателя по времени разгона и торможения	20
5.5.	Расчет узла с шариковым винтом и гайкой	23
5.5.1.	Выбор диаметра винта	23
5.5.2.	Расчет минимально допустимого диаметра винта на устойчивость при продольном изгибе	23
5.5.3.	Расчет винта на критической частоте вращения	23
5.5.4.	Расчет винта на жесткость	23
6.	Расчет устройства автоматической смены инструмента (АСИ)	25
6.1	Инструментальный магазин	25
6.1.1.	Расчет кинематических параметров магазина	25
6.1.2.	Расчет прочности элементов привода магазина	26
6.1.3.	Расчет долговечности подшипников	28
6.2.	Расчет времени смены инструментов для устройства АСИ	31
7.	Описание устройства спроектированного станка, его узлов и систем ЧПУ	33
8.	Организационно-экономическая часть. Технико-экономическое сравнение базового и нового вариантов станка.	38
9.	Безопасность жизнедеятельности и охрана окружающей среды	57
10.	Используемая литература	67
	Приложение	
	Технологическая документация	69

1. Введение.

Машиностроение – основа научно-технического прогресса в различных отраслях промышленности. Непрерывное совершенствование и развитие машиностроения связано с прогрессом станкостроения, поскольку металлорежущие станки вместе с другими некоторыми видами технологических машин, обеспечивают изготовление любых новых видов оборудования.

Станкостроение рассматривается как сердцевина машиностроения. Достижения станкостроения оценивают не столько по общему числу выпущенных станков, сколько по их качеству, техническому уровню, прежде всего по производительности и степени автоматизации. Автоматизации станков всегда придавалось большое значение. Но раньше она касалась в основном отдельных станков или станочных систем для массового и крупносерийного производства. Сейчас же необходима комплексная автоматизация, охватывающая мелкосерийное и единичное производство. В результате научно-технической революции были созданы современные малогабаритные и высоконадежные средства вычислительной техники. На базе этой техники создают электронные системы числового программного управления (ЧПУ). Налажен выпуск металлорежущих станков с ЧПУ, в том числе многоцелевых с автоматической сменой инструментов. Решается задача резкого улучшения структуры выпускаемого оборудования. Рост выпуска станков с ЧПУ значительно опережает общий рост объема производства станкоинструментальной промышленности. Намечено значительное увеличение выпуска автоматических линий, в том числе переналаживаемых на изготовление различных деталей, ускоренное развитие производства комплексов металлообрабатывающего оборудования, оснащенных автоматическими манипуляторами или роботами. В гибких производственных системах (ГПС) без рабочих-станочников будет обеспечена почти непрерывная работа станков при широкой номенклатуре изделий (безлюдная технология). Должны возрасти точность и надежность станков, удельный вес продукции высшей категории качества в общем выпуске станкоинструментальной

промышленности. Проектирование и изготовление станков и станочных систем значительно ускоряются на основе агрегатного (модульного) принципа их создания. Для этого разработаны гаммы однотипных станков, состоящих из унифицированных деталей и узлов. Большое развитие получили агрегатные станки и автоматические линии из них. Такой подход позволяет расширять автоматизированное проектирование с использованием электронных вычислительных машин (ЭВМ). Появляется возможность вести расчеты, которые раньше были невозможны, находить оптимальные размеры, обрабатывать результаты исследований, перебирать множество результатов решений, искать принципиально новые конструктивные решения, освобождать конструктора от нетворческой работы. При этом роль конструктора не уменьшается, он ведет диалог с ЭВМ, руководит ею. От знания особенностей станков зависит эффективность их проектирования, изготовления и эксплуатации. При создании высокопроизводительной и многоцелевой техники основными требованиями являются:

- максимально возможная жесткость системы СПИД, как основа жесткости и производительности;
- повышение технологичности изготовления, а следовательно снижение себестоимости, удобство управления (обслуживания);
- простота монтажа и транспортировки;
- возможность наращивания технологических возможностей за счет создания дополнительных исполнений.

В данном дипломном проекте рассматривается модернизация расточного станка, целью которой является упрощение кинематики станка с сохранением технических характеристик базовой модели, внедрение современных систем ЧПУ и АСИ станка, позволяющих повысить производительность труда и снизить трудоемкость изготовления деталей.

2. Описание станка базовой компоновки.

В качестве станка базовой компоновки выбран расточной станок модели 2А622Ф3.

Назначение и область применения.

Расточной станок модели 2А622Ф3 с неподвижной передней стойкой и встроенным поворотным столом, имеющим продольное и поперечное перемещения, предназначен для консольной обработки корпусных деталей. Кинематическая схема станка представлена в приложении рис.1.

На станках можно производить сверление, зенкерование, растачивание и развертывание отверстий, обтачивание торцов, фрезерование и нарезание резьбы.

Конструкция станка позволяет производить фрезерование с круговой подачей стола.

Техническая характеристика станка.

Диаметр выдвижного шпинделя	110
Конус для крепления инструментов	
В выдвижном шпинделе	---
Размеры встроенного (или съемного) поворотного стола	1120 x 1250
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг	4000
Наибольшее перемещение:	
вертикальное шпиндельной бабки	1000
продольное выдвижного шпинделя	710

радиального суппорта	---
планшайбы стола	
продольное	1000
поперечное	1000
поперечное передней стойки	---
Число скоростей:	
шпинделя	23
планшайбы	---
Частота вращения, мин ⁻¹ :	
шпинделя	2 – 2000
шпиндельной бабки	1,25 – 1250
стола (продольная и поперечная)	1,25 – 1250
радиального суппорта	---
планшайбы	---
Дискретность задания размеров, мм	0,01
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	11
Габаритные размеры:	
длина	6070
ширина	3950
высота	3200
Масса, кг	17000

Станок оснащен позиционной системой ЧПУ, которая позволяет программировать перемещение по координатам X; Y; Z; B (последняя поворот стола через 45°). Движения по осям X и Y могут быть одновременными. Дискретность перемещения 0,01мм.

3. Назначение и основные технические характеристики проектируемого станка

Проектируемый расточной центр с системой числового программного управления и системой автоматической смены инструментов (АСИ) предназначен для расточных, фрезерных и сверлильных работ, включая контурное фрезерование и нарезание резьбы метчиками.

Техническая характеристика станка

Класс точности	Н (нормальный) по ГОСТ 8-82
Размеры рабочей поверхности Поворотного стола	
по ГОСТ 6569-85,мм:	
ширина	1120 ₋₁
длина	1250 ₋₁
расстояние между пазами	160 \pm 0,5
Количество пазов	7
Ширина паза стола	
по ГОСТ 1574-85,мм	22 ^{+0,052}
Диаметр D выдвижного шпинделя, мм	110 _{-0,054}
Конец выдвижного шпинделя	
по ГОСТ 24644-81-конуса	50
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	4000
Наибольшее продольное перемещение выдвижного шпинделя, мм	710

Наибольшее продольное перемещение поворотного стола, мм	1000
Наибольшее вертикальное перемещение шпиндельной бабки, мм	1000
Наибольшее поперечное перемещение поворотного стола, мм	1600
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	8 – 2500
Число скоростей шпинделя	26
Наибольший диаметр сверла, мм	50
Наибольший диаметр фрезы, мм	250
Дискретность задания размеров по программе, мм	0,001
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	11
Габаритные размеры, мм:	
длина	6070
ширина	3950
высота	3200
Масса, кг	~16500

4. Расчет шпинделя станка

4.1. Расчет шпинделя на жесткость

Для расточных станков с ЧПУ, наибольшая мощность используется при обработке инструментом наибольшего для данного станка диаметра. Для проектируемого станка, таким инструментом является торцевая фрез. При фрезеровании наиболее важен поворот режущей плоскости фрезы относительно заготовки под действием силы резания и привода, поэтому при расчете шпинделя на жесткость определяют угол поворота режущей плоскости фрезы φ_c . Этот угол определяет неравномерность обработанной поверхности относительно основания заготовки.

Исходя из расчетной схемы шпинделя горизонтально-расточного станка принимаем наибольший крутящий момент на шпинделе:

$$M = M_{\text{шп125}} = 714,34 \text{ ,Нм} \approx 714 \cdot 10^3 \text{ Нм}$$

Окружное усилие на фрезе рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{2 \cdot M}{D_{\text{наиб.}}}, \text{ Н}$$

отсюда $P = 5\,712 \text{ Н}$

Окружное усилие на ведомом колесе 4 вычисляется по формуле

$$F_4 = \frac{2 \cdot M}{M_2 \cdot Z_4}$$

Отсюда $F_4 = 4\,250 \text{ Н}$

Распорное усилие между колесами 3 и 4 рассчитывается по формуле

$$F_{4p} = F_4 \cdot \text{tg}(\alpha + \beta),$$

Отсюда $F_{4p} = 2\,073, \text{Н}$

где $\alpha = 21^\circ$ и $\beta = 5^\circ$ – углы зацепления и трения, соответственно.

Определяем составляющие усилия резания по осям координат, для торцевого фрезерования

P_h – по оси X; P_v – по оси Y; P_0 – вдоль оси шпинделя Z

$$P_h = 0.4 \cdot P, \text{ Н}$$

$$P_v = 0.9 \cdot P, \text{ Н}$$

$$P_0 = 0.5 \cdot P, \text{ Н}$$

Откуда

$$P_h = 2\,285, \text{ Н}$$

$$P_v = 5\,141, \text{ Н}$$

$$P_0 = 2\,856, \text{ Н}$$

Определим момент инерции частей шпинделя передней части:

$$J_1 = \frac{\pi \cdot D_1^4}{64} = 18 \cdot 10^6 \text{ мм}^4;$$

хвостовой части:

$$J_1 = \frac{\pi \cdot (D_2^4 - d^4)}{64} = 12 \cdot 10^6 \text{ мм}^4;$$

где D_1 – внешний диаметр средней части фрезерного шпинделя, мм

D_2 – внешний диаметр хвостовой части фрезерного шпинделя, мм

d – диаметр внутренней части фрезерного шпинделя, мм

Определяем жесткость конических роликоподшипников:

переднего 7 528 - $j_A = 122 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}$,

заднего 7 526 - $j_B = 110 \cdot 10^4 \text{ Н/мм}$,

Модуль упругости стали $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Момент от силы P_0 не учитываем; он уменьшает угол поворота режущей части фрезы, определение координаты точки приложения этой силы весьма

затруднительно, в частности в связи с изменением ее положения при вращения фрезы.

Определяем угол поворота режущей плоскости фрезы по формуле:

$$\varphi_c = P_v \cdot \frac{aL}{3 \cdot E \cdot J_2} + P_v \cdot \frac{a^2}{2 \cdot E \cdot J_1} + F_{4p} \frac{(L - b) \cdot b \cdot (2L - b)}{6 \cdot E \cdot J_2 \cdot L} +$$

$$+ \frac{P_v \cdot (L + a) - F_{4p} \cdot (L - b)}{L^2 \cdot J_A} + \frac{F_{4p} \cdot b + P_v \cdot a}{L^2 \cdot J_A}, \text{ радиан}$$

$$\varphi_c = 0,98 \cdot 10^{-4} \text{ радиан}$$

Если ширина фрезерования равна

$$B = 0,75 \cdot D_{\text{фр.наиб.}} = 187,50 \text{ мм}$$

То непараллельность обработанной поверхности относительно основания заготовки в следствии поворота режущей плоскости фрезы будет равна:

$$x = \text{tg } \varphi_c \cdot B \approx \varphi_c \cdot B = 0,98 \cdot 10^{-4} \cdot 187,50 = 0,014 \approx 0,01 \text{ мм}$$

4.2. Выбор подшипников шпинделя

По размерам шпинделя с учетом высокой быстроходности, величине нагрузки выбираем конические однорядные роликовые подшипники 7528 и 7526. Подшипники обладают высокой грузоподъемностью.

Предельная частота при жидкой смазке для подшипников:

$$7528 - 2\,500 \text{ мин}^{-1}$$

$$7526 - 2\,500 \text{ мин}^{-1}.$$

Верхняя частота вращения шпинделя 2500 мин^{-1} , и так как в области высоких частот работа осуществляется инструментами малого диаметра, следовательно, с малыми нагрузками, поэтому применение подшипника допустимо.

Выбираем классы точности подшипников согласно рекомендациям. Тогда подшипники обозначаются:

$$4 - 7528 \text{ ГОСТ } 333-81; 5 - 7526 \text{ ГОСТ } 333-81.$$

4.3. Расчет подшипников качения шпинделя на динамическую грузоподъемность и долговечность

Определяем реакции опор.

Обозначение осей координат принято как для станка с ЧПУ. Плечи моментов от силы P_0 приближенно принимаем

в плоскости ZY:

$$y \cong 2/3 \cdot (0,5 \cdot B) = 62,5 \text{ мм},$$

в плоскости ZX:

$$x \cong 2/3 \cdot (0,5 \cdot D_{\text{фр.наиб.}}) = 83 \text{ мм}$$

Определяем реакции опор из уравнений моментов:

$$M_{AY} = 0, \quad P_0 \cdot y + R_{BY} \cdot L = F_{Yp} \cdot b + P_y \cdot a \quad \text{и}$$

$$R_{BY} = \frac{(F_{Yp} \cdot b + P_y \cdot a - P_0 \cdot y)}{L}$$

$$R_{BY} = 2\,943, \text{ Н}$$

$$M_{BY} = 0, \quad P_0 \cdot y + F_{Yp} \cdot (L - b) + R_{AY} \cdot L = P_y \cdot (L + a) \quad \text{и}$$

$$R_{AY} = \frac{[P_y \cdot (L + a) - P_0 \cdot y - F_{Yp}(L - b)]}{L}, \text{ Н}$$

$$R_{AY} = 6011 \text{ Н}$$

Проверка: $R_{BY} + P_y = F_{Yp} + R_{AY}$ или

$$2943 + 5141 = 8084, \text{ Н} \quad \text{и} \quad 2073 + 6011 = 8084, \text{ Н}$$

$$M_{BX} = 0, \quad P_0 \cdot x + R_{AX} \cdot L = F_y \cdot (L - b) + P_x \cdot (L + a) \quad \text{отсюда}$$

$$R_{AX} = \frac{[F_y \cdot (L - b) + P_x \cdot (L + a) - P_0 \cdot x]}{L}, \text{ Н}$$

$$R_{AX} = 4425, \text{ Н}$$

$$M_{AX} = 0, \quad P_x \cdot a + R_{BX} \cdot L = F_y \cdot b + P_0 \cdot x \quad \text{отсюда}$$

$$R_{BX} = \frac{F_y \cdot b + P_x \cdot a - P_0 \cdot x}{L}, \text{ Н}$$

$$R_{BX} = 2110, \text{ Н}$$

Полные реакции опор А и В, рассчитываются по формулам:

$$F_{rB} = \sqrt{R_{A^2y}^2 + R_{A^2x}^2}, \text{ Н}$$

$$F_{rB} = \sqrt{R_{B^2y}^2 + R_{B^2x}^2}, \text{ Н}$$

отсюда $F_{rA} = 7464, \text{ Н}$

$$F_{rB} = 3621, \text{ Н}$$

Определим эквивалентную нагрузку по формуле:

$$P_A = (F_r \cdot x_0 + F_a \cdot y_0) \cdot K_S \cdot K_T,$$

где F_a – постоянная по величине и направлению осевая нагрузка, Н

F_r - постоянная по величине и направлению радиальная нагрузка, Н

$x_0 = 0,5$ – коэффициент радиальной нагрузки для роликовых радиально-упорных подшипников.

$y_0 = 0,22 \text{ ctg}$ – коэффициент осевой нагрузки для однородных радиально-упорных роликовых подшипников. $U_0 = 1,1$.

$K_\delta = 1,5$ – коэффициент безопасности.

$K_T = 1$ – температурный коэффициент.

Выбранные подшипники – радиально-упорные и предназначены для одновременного восприятия как радиальных так и осевых нагрузок.

Наибольшая осевая нагрузка определяется наибольшими по паспорту станка прототипа, в данном случае 19600Н и достигается при сверлении сверлом наибольшего диаметра из твердого сплава при подаче

столом или выдвижным шпинделем. При этом частота вращения шпинделя составит $n_{\text{шп}} = 250 \text{ мин}^{-1}$.

Отсюда эквивалентная нагрузка для подшипника

1. 4 – 7528 ГОСТ 333-81

$$P_A \approx 38\,000 \text{ Н}$$

2. 5 – 7526 ГОСТ 333-81

$$P_A \approx 35\,100 \text{ Н}$$

Определим требуемую долговечность L в млн/оборотов

$$L = \frac{L_h \cdot 60 \cdot n}{10^6}, \text{ млн. оборотов,}$$

где $L_h = 10\,000$ час. – принятая номинальная долговечность.

Определяем динамическую грузоподъемность «С» и фактическую долговечность $L_{\text{нф}}$ выбранных подшипников.

$$L_{\text{нф}} = \left(\frac{C}{P} \right)^P \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n}, \text{ час- фактическая долговечность}$$

Коэффициент «Р» равен 3,33 для роликоподшипников.

Динамическая грузоподъемность «С» - это постоянная нагрузка, которая может быть выдержана подшипником в течении срока, соответствующему 1 млн.оборотов.

Все выбранные подшипники имеют долговечность больше расчетной, равной 10 000 час.

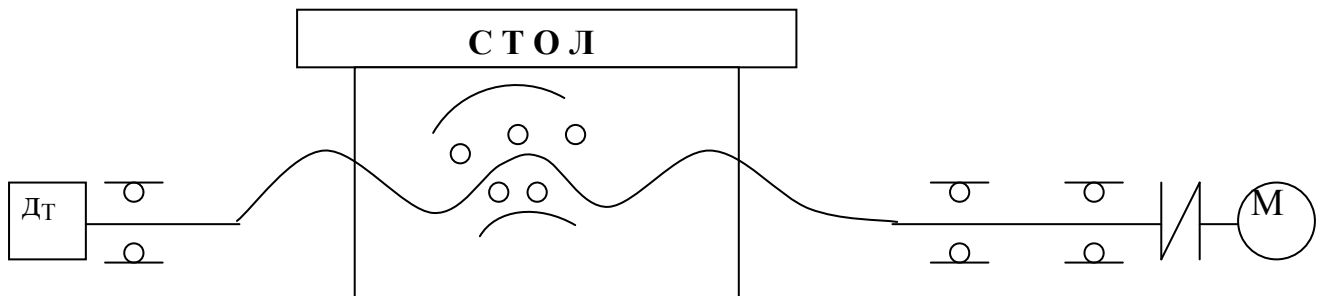
Произведенные расчеты выполнены при выбранной расчетной частоте вращения. С помощью этого учитывается переменность режима работы по нагрузкам и частотам вращения.

5. Расчеты привода продольной подачи

5.1. Кинематический расчет привода продольной подачи

Анализируя расчет режимов резания и технические характеристики многоцелевых станков, равных и близких по размерам стола а перемещений проектируемому станку, принимаем величину быстрой подачи $S_8 = 9000$ мм/мин, рабочие подачи $S_p = 1 \div 9000$ мм/мин. Расчет приводится для наиболее нагруженного состояния при обработке торцевого симметричного фрезерования, фрезой с максимальным диаметром для данного станка ($D_{\max} = 250$ мм).

Кинематическая схема привода стола.



Двигатель соединен с ходовым винтом без редуктора.

Предварительно выбираем двигатель ПБВ-112М со следующими характеристиками:

- частота вращения $n_H = 600 \text{ мин}^{-1}$
- момент $M = 17,5 \text{ Нм}$
- мощность $P_H = 1,1 \text{ кВт}$
- максимальный момент $M_{\max} = 170 \text{ Нм}$
- максимальная частота вращения $n_{\max} = 2000 \text{ мин}^{-1}$
- момент инерции якоря $J = 0,042 \div 0,0433 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

Уравнение цепи:

$$n_{\text{наиб.}} \cdot p = S_{\text{наиб.}}, \text{ мин}^{-1}$$

где $n_{\text{наиб.}} = n_{\text{ном.}} = 600 \text{ мин}^{-1}$

где $S_{\text{наиб.}} = S_{\text{быстр.}} = 9000 \text{ мин}^{-1}$

$p = 10 \text{ мм}$ – шаг ходового винта (выбирается в зависимости от величины наибольшего тягового усилия, по аналогии со станком-прототипом).

Подставляя принятые величины в уравнении, имеем:

$$S_{\text{ном.}} = 600 \cdot 10 = 6000 \text{ мм/мин.}$$

5.2. Определение тягового усилия

Исходя из приведенной схемы стола, рассчитывают силы резания для соответствующей вида обработки металлов:

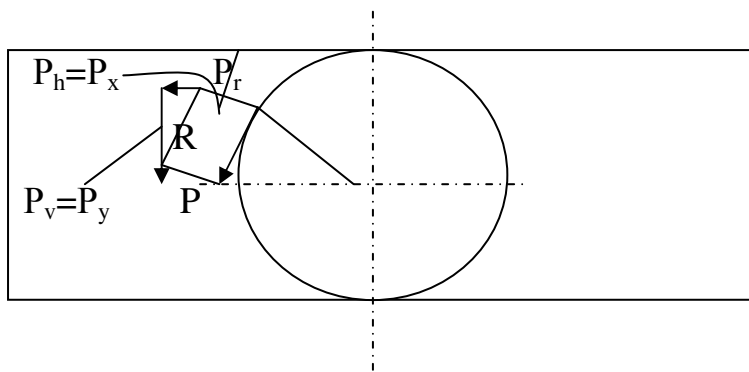


Схема сил резания при симметричном торцевом фрезеровании

При симметричном фрезеровании силы по осям координат будут равны

$$P_x = P_h = 0,4 \cdot 5712 = 2285 \text{ Н}$$

$$P_y = P_v = 0,9 \cdot 5712 = 5141 \text{ Н}$$

$$P_z = P_0 = 0,5 \cdot 5712 = 2856 \text{ Н}$$

где P – окружное усилие (см. выше).

Используя составляющие силы резания, рассчитанные выше, определяем тяговые усилия на ходовом винте:

$$Q_T = P_x + f \cdot (P_y + G + 1,9 \cdot P_z)$$

где f – приведенный коэффициент трения, $f = 0,22$;

G – вес заготовки, стола, приспособлений, электродвигателя и других движущихся частей.

$$\text{Следовательно: } Q_T = 6810 \text{ Н.}$$

Тяговое усилие при быстром перемещении:

$$Q_{\text{быстр.}} = f \cdot G = 2200 \text{ Н.}$$

5.3. Определение требуемой мощности и момента электродвигателя

Определим наибольший крутящий момент при резании:

$$M_p = \frac{Q_m \cdot p \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot \eta} + \frac{M_{x.x.} \cdot M_{т.п.} \cdot i}{\eta \cdot \pi},$$

где p – шаг винта, $p = 0,01$ м;

i – передаточное отношение, $i = 1,8$;

η - КПД привода, $\eta = 0,8$;

$\eta_{\text{пр}}$ – КПД репродуктора, $\eta_{\text{пр}} = 0,9$;

$M_{x.x.}$ – момент холостого хода, $M_{x.x.} = 3,21$ Нм;

$M_{т.п.}$ – момент трения в упорных подшипниках ходового винта,

$M_{т.п.} = 1,04$ Нм;

$$M_p = 33 \text{ Нм}$$

Требуемый момент при быстром перемещении равен

$$M_{\text{быстр.}} = \frac{Q_{\text{быстр.}} \cdot p \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot \eta} + \frac{M_{x.x.} + M_{т.п.}}{\eta_p} \cdot i,$$

$$M_{\text{быстр.}} = 16,4 \text{ Нм}$$

Момент выбранного двигателя при частоте быстрого перемещения определяется по формуле:

$$M_{\text{дв.}} = 9550 \cdot \frac{N_H}{n_{\text{быстр.}}} = 17,5 \text{ Нм}$$

Где N_H – номинальная мощность электродвигателя;

$n_{\text{быстр.}}$ – частота быстрого перемещения.

$M_{\text{дв.}} < M_{\text{быстр.}}$, т.е. двигатель обладает достаточным моментом при быстром перемещении.

Максимальный момент будет равен:

$$M_{\text{max}} = M_{\text{ном.}} \cdot 4 = 17,5 \cdot 4 = 70 \text{ Нм}$$

5.4. Проверка выбранного электродвигателя по времени разгона и торможения

Время разгона двигателя с постоянным ускорением определяется по формуле:

$$t_p = \frac{(K_p \cdot J_d + J_H \cdot i^2) \cdot \omega}{(M_{\text{max}} - M_{\delta}) \cdot I}, \text{ с}$$

где K_p – коэффициент, учитывающий момент инерции редуктора,

$K_p = 1$ – при отсутствии редуктора;

$J_d = 0,042 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент инерции двигателя;

J_H – момент инерции ходового винта и стола с заготовкой.

$$J_H = \left[J_{\text{х.в.}} + m \cdot \left(\frac{p}{2 \cdot \pi} \right)^2 \right] = \frac{m_{\text{х.в.}} \cdot r^2}{2} + m \cdot \left(\frac{p}{2 \cdot \pi} \right)^2, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

где $J_{\text{х.в.}} = m_{\text{х.в.}} \cdot (r^2/2)$ – момент инерции ходового винта;

$$m_{\text{х.в.}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{х.в.}}^2}{4} \cdot l_{\text{х.в.}} \cdot \rho - \text{масса ходового винта,}$$

$$m_{\text{х.в.}} = 35 \text{ кг,}$$

где $d_{\text{х.в.}} = 0,07 \text{ м}$ – диаметр ходового винта;

$l_{\text{х.в.}} = 1,25 \text{ м}$ – длина ходового винта;

$\rho = 7880 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали.

Отсюда:

$$J_{\text{х.в.}} = 0,02 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Радиус ходового винта r равен

$$R = 0,5 \cdot d_{\text{х.в.}} = 0,035 \text{ м.}$$

Тогда момент инерции ходового винта и стола с заготовкой:

$$J_{\text{н}} = 0,047 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Находим угловую скорость двигателя ω :

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\delta}}{30} = 62,8 \text{ с}^{-1},$$

Подставив все полученные значения в начальную формулу, получим

$$t_p = 0,13 \text{ с.}$$

Время торможения двигателя рассчитывается по формуле:

$$t_T = \frac{(K_p \cdot J_d + J_n \cdot i^2) \cdot \omega}{(M_{\text{max}} + M_{\delta}) \cdot I} = 0,08 \text{ с.}$$

Путь разгона при постоянном ускорении равен:

$$L_p = 0,5 \cdot V_{\delta} \cdot t_p = 9,75 \text{ мм}$$

Путь торможения:

$$L_T = 0,5 \cdot V_{\delta} \cdot t_p = 6,0 \text{ мм}$$

Величину замедленной скорости устанавливают в пределах

$V_{\text{п}} = 20 \div 50 \text{ мм/с}$ ($1200 \div 3000 \text{ мм/мин}$) при регулировке привода.

Точность позиционирования $0,001 \text{ мм}$.

Наибольшее время перемещения равно, принимая путь разгона, торможения и позиционирования:

$$L_p + L_T + L_{\text{п}} = 15,75 \text{ мм}$$

Время разгона и торможения с учетом позиционирования $0,4 \text{ с}$:

$$T = \frac{L_{\text{наиб.}} - L_p - L_T - L_{\text{п}}}{V_{\delta}} + 0,4 \text{ с}$$

$$T = 8,63 \text{ с}$$

где $L_{\text{наиб.}} = 1250$ мм – наибольшее перемещение.

Из данного расчета следует, что двигатель ПБВ-112М, со следующими параметрами:

$$J = 0,042 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$M_{\text{ном.}} = 17,9 \text{ Нм};$$

$$n_{\text{ном}} = 600 \text{ об/мин};$$

$$N = 1,1 \text{ кВт},$$

удовлетворяет всем требованиям, предъявленным к двигателю привода продольной подачи.

5.5. Расчет узла с шариковым винтом и гайкой

5.5.1. Выбор диаметра винта

При кинематическом расчете выбран шаг винта $p = 10$ мм

По стандарту станкостроения выбираем винт $d = 70$ мм

5.5.2. Расчет минимально допустимого диаметра винта на устойчивость при продольном изгибе

$$d_0 = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot Q_T \cdot (\mu \cdot L_{\text{наиб.}})^2}{\pi^3 \cdot E}}, \text{ мм}$$

где $\mu = 0,7$ – коэффициент, учитывающий вид опор;

$Q_T = 6810$ Н (см. выше);

$L_{\text{наиб.}} = 1000$ мм – свободная длина винта;

$E = 2 \cdot 10^5$ МПа – модуль Юнга

$d_0 = 15$ мм.

5.5.3. Расчет винта на критической частоте вращения

$$d_0 = 10^{-8} \cdot \mu \cdot L^2 \cdot n_B = 19,5 \text{ мм,}$$

где $n_{\text{в.наиб.}} = 1250 \text{ мин}^{-1}$ – наибольшая частота вращения винта.

5.5.4. Расчет винта на жесткость

$$\frac{1}{j} = \frac{1}{j_B} + \frac{1}{j_M} + 2 \cdot \frac{1}{j_{\text{п}}}, \text{ Н/мм}$$

где j – жесткость узла;

$j_M = 82 \cdot 10^4$ Н/мм – жесткость винта и гайки в сборе (по каталогу винтовых пар), жесткость винтового механизма;

$j_{п} = I_0 \cdot d_{вн.} = 1,0 \cdot 30 = 30 \cdot 10^4$ Н/мм – жесткость одного упорного шарикового подшипника, где $I_0 = 1,0$ – коэффициент жесткости;

откуда:

$$j_{в} = \frac{\pi \cdot d_0^2 \cdot E}{4 \cdot L} = 42 \cdot 10^4 \text{ Н/мм,}$$

где d_0 , мм – внутренний диаметр винта (по канавкам);

$E = 2 \cdot 10^5$ МПа – модуль упругости;

L , мм - длина винта между опорами.

Окончательно $\frac{1}{j} = 5,2 \cdot 10^{-6}$, Н/мм

Таким образом жесткость узла равна:

$$j \approx 192 \text{ Н/мкм}$$

Деформация узла при наибольшем тяговом усилии равна:

$$\delta = \frac{Q_{т}}{j}, \text{ мм}$$

$$\delta = 0,04 \text{ мм}$$

Зона не чувствительности равна двойной деформации, имеющей знак «+» $\Delta\delta = 0,08$. Наибольшее тяговое усилие действует при черновой обработке, поэтому при чистовой обработке ошибки из-за неточности узла будут значительно меньше.

6. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МАГАЗИН

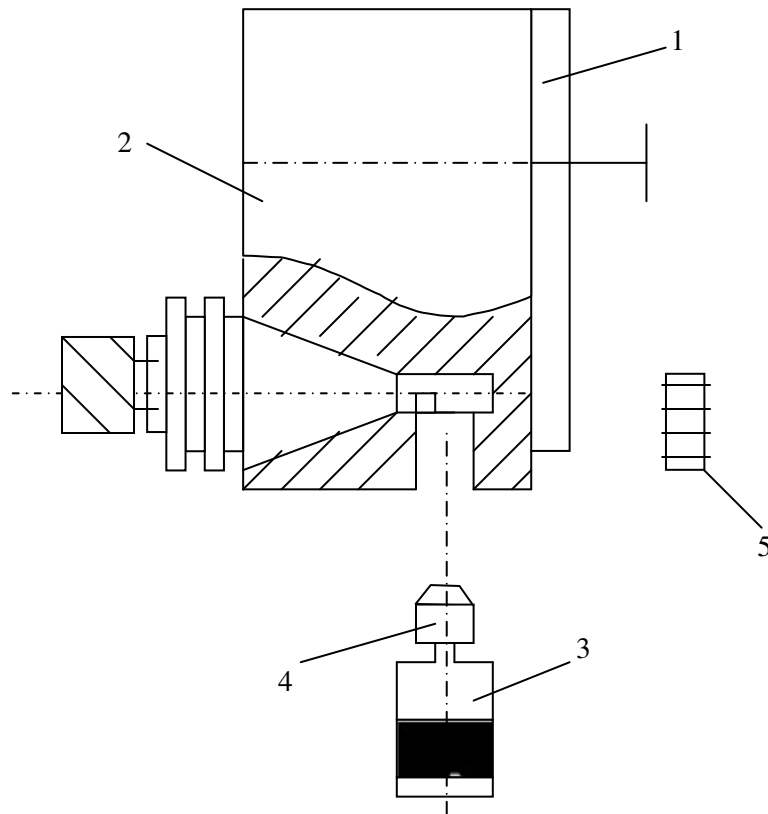
Инструментальный магазин с комплексом инструментов, используемых для обработки детали, установлен на фундаменте рядом со стойкой станка. Он состоит из сварного каркаса, на котором смонтированы направляющие для цепи транспортера с пятьюдесятью гнездами для инструмента. Каждое звено цепи имеет направляющие ролики и приводной ролик; на звене на оси установлена предохранительная поворотная защелка оправки, которая открывается и закрывается штоком захвата руки автооператора в процессе смены инструмента. При открытой защелке инструментальная оправка удерживается от выпадения пружинным фиксирующим замком. Автоматический выбор инструмента по программе или по преднабору с пульта производит кодовый фотоэлектрический датчик поиска инструмента, который находит его номер по комбинации из кодовых колец, расположенных на хвостовой части оправки. Для смены инструмента звено цепи с выбранным инструментом позиционируется в положение «СМЕНА». Точная установка осуществляется также с помощью датчика поиска инструмента. Привод цепи осуществляется от электродвигателя постоянного тока через клиноременную передачу и червячный редуктор на приводную звездочку цепи транспортера.

6. Расчет устройства автоматической смены инструмента (АСИ)

6.1. Инструментальный магазин.

6.1.1. Кинематические параметров магазина

Схема магазина цепного типа с фиксацией корпуса магазина.



- 1 – цепь магазина;
- 2 – корпус магазина;
- 3 – гидроцилиндр;
- 4 – фиксатор;
- 5 – блок датчиков.

6.1.2 Расчет прочности элементов привода магазина

Клиноременная передача:

Ремень А – 1600Т ГОСТ 1284.1-80 ГОСТ 1284.3-80.

Площадь сечения ремня: $F = 0,81 \text{ см}^2 = 81 \text{ мм}^2$ ГОСТ 1284.1-80.

Масса ремня $m = 0,1 \text{ кг/м}$.

При частоте вращения $n = 1450 \text{ мин}^{-1}$.

$D_1 = 180 \text{ мм}$ – передаваемая мощность одним ремнем $N = 3,03 \text{ кВт}$

ГОСТ 1284.3-80.

В передаче имеется четыре ремня, поэтому передача способна передать

$N = 4 \cdot 3,03 \approx 12 \text{ кВт}$.

Крутящий момент при этом:

$$M = \frac{30000}{\pi} \cdot \frac{N}{n} = \frac{30000}{\pi} \cdot \frac{12}{1450} = 79 \text{ Нм},$$

что больше $M_{\text{ном}} = 47 \text{ Нм}$.

Червячная передача:

Напряжение изгиба червячного колеса.

$$J_H = \frac{6,1 \cdot k \cdot M_2}{m_3 z \cdot g \cdot y \cdot 0,08} = \frac{6,1 \cdot 1 \cdot 1200}{5^3 \cdot 80 \cdot 0,1 \cdot 0,18 \cdot 0,08} = 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ МПа}.$$

Напряжение смятия:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{c}{m \cdot z_2} \sqrt{\frac{k \cdot M_2}{m \cdot g \cdot 8}} = \frac{485}{5 \cdot 80} \sqrt{\frac{1 \cdot 12000}{5 \cdot 10 \cdot 8}} = 19,8 \text{ кг/мм}^2 = 19,8 \cdot 10^{-6} \text{ МПа}.$$

Эти напряжения допускает скорость скольжения.

$V_{\text{ск}} = 2 \text{ м/с}$ весьма долго и $V_{\text{ск}} = 4 \text{ м/с}$, кратковременно, что соответствует скорости перемещения транспортера. $V = 13,3 \text{ м/мин}$ и $V = 26,7 \text{ м/мин}$.

Расчет валов и подшипников

Определение сил, нагружающих валы.

Расчетный момент на валу червяка.

$$M = M_{\text{дв} \cdot i_{\text{км}}} \cdot \eta_{\text{км}} = 47 \cdot 1,75 \cdot 0,92 = 75,7 \text{ Нм}.$$

Окружная сила на червяке, осевая на колесе:

$$Q = \frac{2M}{d_2} = \frac{2 \cdot 75,7 \cdot 10^3}{100} = 1513,4 \text{ Н}.$$

Осевая сила на червяке и окружная на колесе.

$$P = Q (\text{tg}(\gamma + \rho) = 1513,4) \text{ tg}(0,0997 + 0,1238) = 6660 \text{ Н},$$

где $\rho = 0,1238$ рад. – угол трения в червячной передаче при медленных перемещениях.

Радиальная сила:

$$T = P \operatorname{tg} \alpha = 6660 \cdot \operatorname{tg} 20 = 2420 \text{ Н.}$$

Изгибающие моменты на червяке и на колесе:

$$M_{\text{ч}} = P \cdot \frac{d}{2} = 6660 \cdot \frac{100}{2} = 333000 \text{ Нмм}$$

$$M_{\text{к}} = Q \cdot \frac{D}{2} = 1513,4 \cdot \frac{400}{2} = 302700 \text{ Нмм}$$

Определение реакции опор

$$R_{\text{вТ}} = T \cdot \frac{a}{1} + \frac{M_{\text{г}}}{1} = 2420 \cdot \frac{120}{220} + \frac{333000}{220} = 2835 \text{ Н}$$

$$R_{\text{вQ}} = Q \cdot \frac{a}{1} = 1513 \cdot \frac{120}{220} = 825 \text{ Н}$$

Суммарная максимальная реакция опоры червячного вала

$$R_{\text{в}} = \sqrt{2835^2 + 825^2} = 2950 \text{ Н}$$

Максимальные реакции опор.

$$R_{\text{т}} = \frac{T}{2} + \frac{M_{\text{к}}}{1} = \frac{2420}{2} + \frac{302700}{160} = 3100 \text{ Н}$$

$$R_{\text{п}} = \frac{P}{2} = \frac{6660}{2} = 3330 \text{ Н}$$

Суммарная максимальная реакция:

$$R = \sqrt{R_{\text{т}}^2 + R_{\text{п}}^2} = \sqrt{3100^2 + 3330^2} = 4550 \text{ Н}$$

Ввиду больших запасов прочности расчет прочности валов не проводится.

6.1.3. Расчет долговечности подшипников.

Вал червяка установлен на подшипниках

$$C = 4110 \text{ кг}, C_0 = 3150 \text{ кг}, D_{\text{т}} = 1588, z = 10.$$

Эквивалентная нагрузка при $F_a = 0$, $F_2 = R_L = 2950$.

$$P_3 = F_2 \cdot k_8 \cdot k_T = 2950 \cdot 1,2 \cdot 1 = 3540 \text{ Н.}$$

Долговечность без учета осевого натяга:

$$L = \left(\frac{C}{P_3} \right)^3 = \left(\frac{41100}{3540} \right)^3 = 1565 \cdot 10^6 \text{ об.}$$

Упорный подшипник, установленный на валу червяка, воспринимает силу $P = 6660 \text{ Н}$, $C = 6580 \text{ кг}$, $C_o = 15500 \text{ кг}$, $D_r = 13,49$, $z = 17$.

$$P_3 = F_2 \cdot k_8 \cdot k_T = 6660 \cdot 1,2 \cdot 1 = 7992 \text{ Н.}$$

$$L = 558 \cdot 10^6 \text{ об.}$$

Путь транспортера, соответствующий долговечности упорного подшипника:

$$L_T = L \pi D_{зв} \frac{z_1}{z_2} = 558 \cdot 10^6 \pi 437 \frac{2}{80} = 19,15 \cdot 10^6 \text{ м.}$$

Допустимый путь транспортера за день:

$$l_1 = L_T/n = 19,15 \cdot 10^6/2500 = 7660 \text{ м} - \text{достаточно.}$$

Вал червячного колеса установлен на двух подшипниках, воспринимающих радиальную и осевую нагрузки.

$$C = 5,440 \text{ кг}, C_o = 4,680 \text{ кг}, D_r = 16,61, z = 15.$$

Эквивалентная нагрузка при $F_2 = R = 4,550 \text{ Н}$.

$$F_Q = Q = 1,513 \text{ Н}, F_a/F_2 = 1,513/4,550 = 0,33 < 0,68.$$

$$P_3 = (xF_2 + yF_Q) \cdot k_8 \cdot k_i = (1 \cdot 4550 + 0,1513) \cdot 1,2 \cdot 1 = 5460 \text{ Н.}$$

Долговечность подшипников червячного колеса:

$$L = 990 \cdot 10^6 \text{ об.}$$

Допущенный путь транспортера:

$$L_T = L \pi D_{зв} = 990 \cdot 10^6 \pi 437 = 1,36 \cdot 10^6 \text{ м за один день}$$

$$l_1 = L_T/n = 1,36 \cdot 10^6/2500 = 540000 \text{ м} - \text{достаточно.}$$

Число инструментов – 50. Принимаем частоту вращения магазина $n_M = 10 \text{ мин}^{-1}$, а скорость подхода к фиксатору $V_{\Pi} = 0,025 \text{ м/с}$ на радиус его расположения $R = 0,24 \text{ м}$. Тогда частота вращения при подходе к фиксатору у магазина:

$$n_{\Pi} = \frac{60 \cdot V_{\Pi}}{2 \cdot \pi \cdot R} = \frac{60 \cdot 0,025}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,24} = 1 \text{ мин}^{-1}.$$

Уравнение кинематической цепи при установившемся движении:

$$n_{д} \cdot \frac{Z_1}{Z_2} = n_{м}$$

Выбирая $Z_1 = 2$, а $Z_2 = 180$ при модуле 3 мм, находим частоту вращения двигателя при вращении магазина на замедленной скорости:

$$n_{дп} = (n_{м} \cdot Z_2) / Z_1 = (10 \cdot 180) / 2 = 900 \text{ мин}^{-1}.$$

Время поворота на одну позицию ориентировочно (без учета изменения скорости при разгоне и торможении) при угле $\alpha = 12^\circ$ между фиксатором и блоком переключателей будет следующим:

$$t_1 = 60 \cdot \left[\left[\frac{1}{N} - \frac{\alpha^0}{360^0} \right] / n_{м} + \frac{\alpha^0}{360^0 \cdot n_{п}} \right] \approx 2 \text{ с.}$$

При одностороннем вращении магазина на $N - 1$ позиций время поворота:

$$t_{N-1} = 60 \cdot \left[\left[\frac{N-1}{N} - \frac{\alpha^0}{360^0} \right] / n_{м} + \frac{\alpha^0}{360^0 \cdot n_{п}} \right] \approx 8 \text{ с.}$$

Полное время цикла работы магазина включает в себя также время фиксации и расфиксации.

Произведенные расчеты показывают, что время поиска инструмента и установки его в позицию смены достаточно мало и может уложиться практически во время работы любым предыдущим инструментом. При двустороннем вращении магазина по кратчайшему пути наибольшее время поворота сокращается примерно в два раза.

6.2. Расчет времени смены инструментов для устройства АСИ

Цикл и параметры движений звеньев устройства АСИ

№ п/п	Движение рабочих органов	Ход L, м	Ускорение а, м/с ²	Скорость V, м/с	Время t, с
1.	Поворот магазина для поиска инструмента и остановка в позиции смены, подвод рука автооператора к магазину, смена инструмента в магазине, подвод руки автооператора к шпинделю станка	-	-	-	-
2.	Отвод стола по оси Z для вывода или отвода инструмента.	0,63	-	0,125	1,73
	Разгон и позиционирование.	0,30	0,92	-	0,18
3.	Отвод стола по оси X	0,30	-	0,125	1,60
	Разгон и позиционирование	0,30	0,92	-	0,18
4.	Опускание стола по оси Y	0,35	-	0,125	1,30
	Разгон и позиционирование	0,30	0,92	-	0,18
5.	Торможение вращения шпинделя с рабочей частоты до частоты фиксации 20 об/мин.	-	-	-	0,18
6.	Фиксация шпинделя.	1 об	-	0,33 об/с	1,5
	Ввод фиксатора гидроцилиндром	0,02	-	0,10	(0,2)*
7.	Захват оправок с инструментом в шпинделе	0,06	-	0,20	0,30
8.	Разжим оправки в шпинделе гидроцилиндром	0,03	-	0,20	0,15
9.	Выдвижение руки автооператора с оправками вперед	0,21	4	0,40	0,65
10.	Поворот руки на 180 ⁰	0,2π	7	1,0	0,80
11.	Ввод оправок в шпиндель	0,21	4	0,40	0,65
12.	Закрепление оправки в шпинделе пружинами	0,03	-	-	0,10
13.	Освобождение оправок от захватов	0,06	-	0,20	0,30
14.	Ввод фиксатора шпинделя	0,02	-	0,20	0,10
15.	Ход рейки поворота руки	0,115	-	0,20	(0,06)*
16.	Включение вращения шпинделя	-	-	-	0,1-0,2
17.	Перемещение стола по координатам Y, X и Z с позиционированием	Принято как для поз.2-4	-	-	5,3

Время смены инструментов получаем суммированием времени движений 5-14 ($t_{см} = 5.1$ с). Время, связанное как со сменой инструмента, так и с отводом и подводом его к месту резания (движения 2-17), $T = 15$ с. последнее называют также временем смены инструментов «от стружки до стружки». Значения времени, заключенные в скобки, при суммировании не учитывались, т.к. характеризуемые ими движения производятся одновременно с другими.

7. Описание устройства станка, его узлов и системы ЧПУ

Проектируемый расточной обрабатывающий центр с программным управлением предназначен для комплексной обработки деталей с автоматической сменой инструмента. Подобные станки в основном предназначены для обработки призматических и корпусных деталей с точно расположенными отверстиями, из сталей и чугунов.

В проектируемом станке имеется реверсивный поворотный стол, для более удобной обработки с одной установкой.

Автоматическая обработка сложных корпусных деталей в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства требует оснащения станка универсальной системой числового программного управления.

Подобный станок оснащают системами диагностики и контроля детали и инструмента, а в системе числового программного управления предусмотрена возможность ручной и автоматической коррекции положения и перемещения инструментов и узлов станка, а также режимов резания в соответствии с показателями контрольно-измерительной системы.

Основной стол станка перемещается в продольном, поперечном и вертикальном направлении. Станок снабжен дополнительным поворотным столом, благодаря которому деталь можно обрабатывать с нескольких сторон.

В приводе главного движения использован двигатель постоянного тока, что позволяет сократить количество зубчатых передач в станке (в приводе главного движения).

В приводах подач использованы высокомоментные двигатели постоянного тока.

Проектируемый станок можно использовать как в серийном производстве, так и встраивать в гибкие производственные системы, так как он обладает достаточным уровнем концентрации видов обработки и концентрации производственных процессов.

Особенностью горизонтально-расточного обрабатывающего центра является горизонтально расположенный шпиндель и перемещение стола в трех взаимно-перпендикулярных направлениях.

Главное движение в станке – вращательное движение шпинделя; движения подач – перемещение стола в продольном и поперечном направлениях, а так же вертикальное перемещение шпиндельной коробки, по направляющим, на колонне станка; вспомогательное движение – ускоренное перемещение стола в тех же направлениях. Главное движение и движение подачи имеют отдельные приводы.

На станине станка смонтирована неподвижная стойка, несущая подвижную в вертикальном направлении шпиндельную бабку с горизонтальным выдвижным расточным шпинделем. Поворотный стол станка на крестообразных санях, перемещающихся вдоль станины, имеет горизонтальное, продольное (относительно оси шпинделя) и поперечное перемещение.

Шпиндельный узел станка повышенной жесткости смонтирован на прецизионных подшипниках качения.

Расточный шпиндель имеет твердую азотированную поверхность и перемещается в стальных закаленных втулках, что обеспечивает длительное сохранение точности и износостойчивость шпинделя.

Широкий диапазон изменения скорости вращения шпинделя позволяет вести производительную обработку. Изменение скорости вращения шпинделя можно производить без остановки главного привода в пределах механического поддиапазона. Главный привод станка имеет два механических поддиапазона.

Раздельные, широкого диапазона приводы подач узлов позволяют изменять величину подачи в процессе обработки.

Подвижные узлы имеют фторлоновые направляющие, обеспечивающие плавность перемещения и длительное сохранение точности в процессе эксплуатации.

Зажимы подвижных узлов станка производятся быстродействующими гидромеханическими устройствами с постоянным усилием зажатия.

Направляющие станины и нижних саней имеют телескопическую защиту.

Подвижные узлы (кроме поворотного стола) перемещаются с помощью винтовых передач качения с преднатягом, исключая люфт при реверсе.

Станок имеет вспомогательную систему ручного управления с поворотного электрического пульта.

Смазка направляющих подвижных узлов и привода главного движения автоматизирована.

Рабочая зона освещается встроенным в шпиндельную бабку светильником с люминесцентными лампами.

Охлаждение инструмента применяют при обработке стали инструментами из быстрорежущей стали. Обработка с интенсивным и длительным процессом требует эффективного охлаждения режущего инструмента и обрабатываемой заготовки, что обуславливает подачу большого количества смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Использование СОЖ для смыва стружки с обрабатываемой детали и стола станка также способствует увеличению объема подаваемой жидкости. СОЖ подается через регулируемое сопло, расположенное около шпинделя. Жидкость от насоса подается в трубопровод и далее в зону резания. Насосы включаются по команде системы управления станка.

Шкаф электрооборудования, система ЧПУ, силовой трансформатор, гидростанция и станция охлаждения установлены рядом со станком.

Инструментальная оправка с конусным хвостовиком и конусностью 50, базируется в отверстии шпинделя и закрепляется. Усилие зажима создается пакетом тарелочных пружин; отжим осуществляется с помощью гидроцилиндра. Крутящий момент передается на оправку как через контактирующие поверхности хвостовика и шпинделя, так и через шпонки на торце шпинделя, взаимодействующие с пазами на фланце оправки.

Передняя и задняя опоры фрезерного шпинделя состоят из конических однорядных роликовых радиально-упорных подшипников.

Для зажима инструментальных оправок в шпинделе служат механизмы, расположенные в его сквозной осевой расточке. Оправка захватывается за грибообразный ввернутый в ее задний торец хвостовик шариковым зажимом.

Проектируемый станок снабжен магазином на 50 инструментов и автооператором, осуществляющим автоматическую смену инструментов.

Автоматическая смена инструментов осуществляется устройством ЧПУ.

Смена инструмента выполняется при условии установки шпинделя в определенное угловое положение. Для смены инструмента механическая рука автооператора поступательно перемещается параллельно оси шпинделя и вращается относительно своей оси. В проектируемом станке оси инструментальных оправок располагаются в инструментальном магазине перпендикулярном оси шпинделя.

В станке используется автооператор с клещевым зажимом инструментальных оправок. Когда клещи захвата разведены, фланцы оправок при повороте магазина свободно проходят мимо автооператора. После того, как найден нужный инструмент, цепь останавливается, захват сжимается, автооператор извлекает из гнезда этот инструмент и перемещается к шпинделю, где губки захвата зажимают второй инструмент (отработавший). Далее перемещаясь в осевом направлении механическая рука извлекает отработавший инструмент из шпинделя и поворачивается на 180° ; при обратном движении вводит новый инструмент в шпиндель. Потом отработавший инструмент вставляется в гнездо, при возврате автооператора к магазину. Выбор инструмента, требуемого по программе, производится при помощи кодирования гнезд, в которых находится инструмент. Управление станком осуществляется контурно-позиционной системой ЧПУ.

Оператор осуществляет управление с главного пульта, где находятся кнопки управления станком и дисплей с отображением координат, а также состояния работы станка.

Изменение скорости вращения шпинделя и величины подачи производится автоматически, в зависимости от программы обработки, задаваемой оператором. С пульта управления также можно корректировать величину подачи и обороты шпинделя. Смена инструмента осуществляется также автоматически устройством ЧПУ в зависимости от программы, задаваемой оператором. Для оператора

существует также дополнительный пульт управления, где вынесены наиболее важные командные кнопки аварийного отключения (кнопки аварийного отключения есть и на главном пульте).

При работе на станке можно работать в режиме ручного управления также как на универсальном станке.

8. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Технико-экономическое сравнение базового и нового вариантов станка.

8.1. Выбор аналога и исходных данных для расчета.

При определении наиболее эффективного варианта станка необходимо сделать правильный выбор исходной базы для сравнения. Этот выбор производится для показателей капитальных вложений и себестоимости, по которым проводят технико-экономический анализ. Если капитальные вложения и себестоимость нового станка меньше, чем у базового, то новый вариант станка экономический эффективен.

Качестве базового варианта принят горизонтально-расточной станок модели 2А622Ф3.

В новом станке повышение производительности достигнуто за счет увеличения скорости быстрого перемещения, скорости резания, обработки детали по программе и использования механизма автоматической смены инструмента.

Исходные данные по деталям представлены в таблице 1.

Исходные данные по станкам представлены в таблице 2.

Исходные данные по деталям.

Таблица 1.

Наименование	Вариант	
	Базовый	Новый
Годовая программа выпуска деталей $Q_{гз}$, шт.	10000	10000
Продолжительность выпуска деталей Z , г.	1	1
Штучное время $t_{шт}$, мин.	38,7	29,8
Разряд станочника	5	3
Разряд наладчика	4	4
Масса заготовки M , кг	10,67	10,67
Заготовка, материал	Ст45	Ст45
Часовая ставка станочника руб/час	90	60
Часовая ставка наладчиков руб/час	50	50
Стоимость заготовки C_z , руб.	815,2	815,2
Цена 1 кг заготовки C_m , руб.	76,4	76,4

Исходные данные по станкам.

Таблица 2.

Наименование	Вариант	
	Базовый	Новый
Класс точности	Н	Н
Масса М, т	17	21
Габариты, м (LxDxH)	6,07*3,9*3,2	6,07*3,9*3,2
Срок службы до капитального ремонта, лет	5	8
Установленная мощность электродвигателей N, кВт	11	11
Категория ремонтосложности механической части R _м , у.е.	13	15
Категория ремонтосложности электрической части R _э , у.е.	16	17
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим d _з , шт.	1	1
Цена станка, руб.	1*10 ⁶	1,2*10 ⁶
Площадь станка по габаритам S, м ²	24,2	24,2
Эффективный годовой фонд времени Φ _{об} , час.	1742	1742

8.2. Расчет затрат на проектные работы.

Трудоёмкость проектных работ.

Разработка:

технического задания..... 8 ч.
технического проекта..... 16 ч.
чертежей.....1000 ч.

Контроль чертежей.....200 ч.

Корректировка чертежей40 ч.

Составление спецификаций 30 ч.

Составление тех. процесса 300 ч.

Изготовление калек100 ч.

Сверка калек и оформление работ 40 ч.

Копировка16 ч.

Должностные оклады специалистов принимавших участие в проектных работах по модернизации станка, представлены в таблице 3.

Должностные оклады

Таблица 3.

	Оклад, руб/мес.	Кол-во человек	Время выполнения работ, час.	З/пл. за выполнение работ, руб.
Руководитель	12000	1	8	545
Вед.конструктор	10000	1	16	910
Конструктор	8000	4	1070	48636
Технолог	7500	4	500	21307
Копировщик	4500	2	156	3988
Итого:				75386

Зарботная плата основная и дополнительная проектировщиков, непосредственно выполнявших проектные работы составляет:

$$Z_{\text{пр}} = 75386 \text{ рублей.}$$

где:

$Z_{\text{пр}}$ - зарботная плата основная и дополнительная проектировщиков

Отчисления в единый социальный налог

Суммарный норматив отчислений на социальные нужды составляет 34%.

$$Z_{\text{сн}} = 34\% \text{ от } Z_{\text{пр}}, \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{сн}} = 0,34 * 75386 = 30154,4 \text{ руб.}$$

Расчет технологической себестоимости проектных работ

$$C_{\text{т.пр}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{сн}} + Z_{\text{м.}} + Z_{\text{э.}}, \text{ руб.}$$

где:

$C_{\text{т.пр}}$ – технологическая себестоимость, руб.

$Z_{\text{м.}}$ – затраты на материалы используемые при проектировании, руб.

$Z_{\text{м.}}$ принимаем = 4460 руб.

$Z_{\text{э.}}$ – затраты на электроэнергию при проведении проектных работ, руб.

$Z_{\text{э.}}$ принимаем = 5000 руб.

$$C_{\text{т.пр}} = 75386 + 30154,4 + 4460 + 5000 = 115000 \text{ руб.}$$

Расчет производственной себестоимости проектирования

$$C_{\text{п.пр.}} = C_{\text{т.пр.}} + q * C_{\text{т.пр.}}, \text{ руб.}$$

где:

$C_{\text{п.пр.}}$ - производственная себестоимость проектирования, руб.

q - норматив отнесения общепроизводственных затрат, %

q принимаем 50%

$$C_{\text{п.пр.}} = 115000 + 0,5 * 115000 = 143040, \text{ руб.}$$

Расчет общехозяйственной себестоимости проектирования

$$C_{\text{ох}} = C_{\text{п.пр.}} + f * C_{\text{п.пр}}, \text{ руб.}$$

где:

$C_{\text{ох}}$ - общехозяйственная себестоимость, руб.

f -норматив отнесения общехозяйственных затрат, %

f принимаем 40%

$$C_{\text{ох}} = 143040 + 0,4 * 143040 = 183040 \text{ руб.}$$

Расчет коммерческой себестоимости на проектируемую продукцию

$$C_{\text{к}} = 20\% \text{ от } C_{\text{ох}} + C_{\text{ох}}, \text{ руб.}$$

где:

$C_{\text{к}}$ - коммерческой себестоимости на проектируемую продукцию, руб.

$$C_{\text{д}} = 0,2 * 183040 + 183040 = 219648 \text{ руб.}$$

8.3. Расчет затрат на изготовление оборудования.

Расчет технологической себестоимости.

$$C_{\text{т}} = Z_{\text{м}} - П_{\text{о}} + Z_{\text{ки}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{иси}} + Z_{\text{сн}}$$

где:

$C_{\text{т}}$ - технологическая себестоимость изготовления оборудования, руб.

$Z_{\text{м}}$ - затраты на материалы, руб.

$П_{\text{о}}$ - возвратные отходы, руб.

$Z_{\text{ки}}$ - затраты на комплектующие, руб.

$Z_{\text{э}}$ - затраты на электроэнергию, руб.

$Z_{\text{зп}}$ - заработная плата основная и дополнительная основных производственных рабочих, руб.

$Z_{исн}$ - затраты на износ инструментов и приспособлений, руб.

$Z_{сн}$ - отчисления в единый социальный налог, руб.

Затраты на материал

$$Z_M = g_H * C_M * P_T, \text{руб.}$$

где:

g_H - норма расхода материала, кг

C_M - оптовая цена материала, руб/кг

P_T - коэффициент транспортных расходов

Принимаем $C_M = 40$ руб/кг

$$Z_M = 2000 * 40 * 1,1 = 88000 \text{ руб.}$$

Возвратные отходы

$$P_0 = G_0 * C_0, \text{руб.}$$

где:

G_0 - количество отходов материала. кг

C_0 - оптовая цена материала, руб/кг

Принимаем $C_0 = 6$ руб.

$$P_0 = 210 * 6 = 1260 \text{ руб.}$$

Затраты на комплектующие изделия

Принимаем $Z_{ки} = 20000$ руб.

Энергия на технологические цели

$$Z_э = \frac{N_y \cdot K_{сп} \cdot K_N \cdot K_{од} \cdot K_W}{\eta_{Nd}} \cdot Q_{ГЗ} \frac{t_{рез.i}}{K_{ви.i}} \cdot C_э \text{ руб/дет. опер.},$$

где:

N_y - суммарная установленная мощность электродвигателей оборудования, кВт;
 $K_{вр}$, K_N - коэффициент загрузки по времени и мощности электродвигателей оборудования d-го типоразмера ($K_{ва} = 0,6 \div 0,7$; $K_N = 0,5 \div 0,7$);

K_W - коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода ($K_W = 1,04 \div 1,05$);

$t_{рез.i}$ - норма времени на изготовление оборудования, час

$\Pi_э$ - стоимость электроэнергии, руб./квт.час ($\Pi_э = 2$ руб/квт.час).

$$З_{э} = \frac{6 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 1,04 \cdot 10000 \cdot 2}{0,85 \cdot 1,5} = 6910 \text{ руб.}$$

Заработная плата основных рабочих.

$$З_{зп} = C_{зoi} \cdot \alpha_i \cdot K_{дзи} \cdot t \cdot \beta_{oi}, \text{ руб.},$$

где: $C_{зoi}$ - среднечасовая тарифная ставка рабочего, руб;

α_i - коэффициент, учитывающий приработок на i-ую операцию (1,2-1,4);

$K_{дзи}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (1,16-1,2);

t – время на изготовление оборудования, час

β_{oi} - коэффициент, учитывающий численность бригады при выполнении i-ой операции ($\beta_{oi} = 1$).

$$З_{зп} = 80 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 130 \cdot 1 = 12096 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$З_{сн} = 34\% \text{ от } З_{зп}, \text{ руб.}$$

$$З_{сн} = 48384 \text{ руб.}$$

Затраты на износ инструментов и приспособлений

Принимаем $Z_{исн}=4750$ руб.

Технологическая себестоимость

$$C_T=88000-1260+20000+6910+120960+48384+4750=287744 \text{ руб.}$$

Расчет производственной себестоимости

$$C_{п.пр}=C_{т.пр}+q * C_{т.пр}, \text{ руб.}$$

где:

$C_{п.пр}$ - производственная себестоимость, руб.

q - норматив отнесения общепроизводственных затрат, %

$$C_{п.пр}=287744+0,2*287744=367274, \text{ руб.}$$

Расчет общехозяйственной себестоимости

$$C_{ох}=C_{п.пр}+f * C_{п.пр}, \text{ руб.}$$

где:

$C_{ох}$ - общехозяйственная себестоимость, руб.

f -норматив отнесения общехозяйственных затрат, %

$$C_{ох}=367274+0,3*367274=457274 \text{ руб.}$$

Расчет коммерческой себестоимости

$$C_k=C_{ох}+j * C_{ох}, \text{ руб}$$

где:

C_k - коммерческая себестоимость, руб

Z_k - коммерческие затраты, руб

j -норматив отнесения коммерческих затрат на общехозяйственную себестоимость,
%

j принимаем = 10%

$$C_k = 457274 + 0,1 * 457274 = 492274, \text{ руб.}$$

Расчет минимальной договорной цены на изделие.

$$C_d = 15\% \text{ от } C_k + C_k, \text{ руб.}$$

где:

C_d - минимальная договорная цена на изделие, руб.

$$C_d = 0,15 * 492274 + 492274 = 566115 \text{ руб.}$$

8.4. Расчет себестоимости изготовления детали по оцениваемым вариантам.

Технологическая себестоимость операции.

$$C_T = Z_M - П_0 + Z_{ки} + Z_э + Z_{зп} + Z_{иси} + Z_{сн}$$

где:

C_T - технологическая себестоимость операции, руб.

Z_M - затраты на материалы, руб.

$П_0$ - возвратные отходы, руб.

$Z_{ки}$ - затраты на комплектующие, руб.

$Z_э$ - затраты на электроэнергию, руб.

$Z_{зп}$ - заработная плата основная и дополнительная основных производственных рабочих, руб.

$Z_{иси}$ - затраты на износ инструментов и приспособлений, руб.

$Z_{сн}$ - отчисления на социальные нужды, руб.

Заработная плата основных рабочих.

$$C_{зoi} = C_{зoi} \cdot \alpha_i \cdot K_{dzi} \cdot K_{ни} \cdot t_{шти} \cdot \beta_{oi} \text{ руб/дет.опер.},$$

где:

$C_{зoi}$ - среднечасовая тарифная ставка рабочего, выполняющего i -ую операцию;

α_i - коэффициент, учитывающий приработок на i -ую операцию (1,2-1,4);

K_{dzi} - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (1,16-1,2);

$K_{ни}$ - коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социального страхования, пенсионный фонд, фонд занятости и др. ($K_{ни} = 1,4$);

$t_{шти}$ - штучное время изготовления i -ой операции, час/шт.опер.

β_{oi} - коэффициент, учитывающий численность бригады при выполнении i -ой операции ($\beta_{oi} = 1$).

$$C_{зo_6} = 90 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 38,7 \cdot 1 = 127,76 \text{ руб/дет.опер};$$

$$C_{зo_n} = 60 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 29,8 \cdot 1 = 64,2 \text{ руб/дет.опер.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих и ИТР определяется таким же путем, как и основных рабочих.

Расчет затрат на эксплуатацию оборудования

$$C_{oi} = C_{ai} + C_{pi} + C_{зи} + C_{vi}, \text{ руб/дет.опер.},$$

где:

C_{ai} , C_{pi} , $C_{зи}$, C_{vi} - затраты, соответственно, на амортизацию, ремонт оборудования, расход энергии и вспомогательных материалов в руб/дет.опер.

Затраты на амортизацию оборудования

$$C_{ai} = \sum_{d=1}^n \frac{K_{отi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi} \cdot a}{100 \cdot Q_{Г.З.}}, \text{ руб/дет.опер.},$$

где:

$K_{отi}$ - балансовая стоимость единицы оборудования, руб/ед.;

O_i - количество технологического оборудования, занятого при выполнении i -ой операции, ед.;

μ_{oi} - коэффициент занятости технологического оборудования выполнением i -ой операции изготовления данной детали;

a - норма амортизационных отчислений на замену оборудования, %;

$Q_{Г.З.}$ - годовое количество изделий, запускаемых в производство по варианту, шт/год.

$$C_{a_6} = \frac{1 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 15,3}{100 \cdot 10000} = 76,5 \text{ руб./дет.опер.};$$

$$C_{a_n} = \frac{1,2 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 15,3}{100 \cdot 10000} = 110 \text{ руб/дет.опер.}$$

Затраты на ремонт технологического оборудования

$$C_{pi} = \sum_{d=1}^n \frac{(R_{Md} \cdot W_{Md} + R_{Эд} \cdot W_{Эд}) \cdot O_i \cdot \mu_{oi}}{T_{р.ц.} \cdot \beta_i \cdot Q_{Г.З.}}, \text{ руб/дет.опер.},$$

где:

R_{Md} , $R_{Эд}$ - группа ремонтной сложности механической и энергетической части оборудования d -го типоразмера;

W_{Md} , $W_{Эд}$ - затраты на все виды планово-предупредительного ремонта, приходящегося на единицу ремонтной сложности оборудования, руб. За цикл/ед.рем.сложн.;

$T_{р.ц.}$ - длительность ремонтного цикла основной части оборудования, год/цикл;

β_i - коэффициент, учитывающий влияние типа производства, размера оборудования и т.д. На продолжительность ремонтного цикла оборудования (1,1-1,25).

$$C_{p_6} = \frac{(13 \cdot 1.24 \cdot 10^6 + 16 \cdot 1195 \cdot) \cdot 1 \cdot 1,1}{5 \cdot 10000 \cdot 1,1} = 71 \text{ руб/дет.опер.}$$

$$C_{p_n} = \frac{(15 \cdot 1.42 \cdot 10^6 + 1195 \cdot 17) \cdot 1 \cdot 1,1}{8 \cdot 10000 \cdot 1,1} = 42 \text{ руб/дет.опер.}$$

Затраты на электроэнергию

$$C_3 = \frac{N_y \cdot K_{ep} \cdot K_N \cdot K_{od} \cdot K_W}{\eta_{Nd}} \cdot \frac{t_{рез.i}}{K_{ви.i}} \cdot Ц_3 \text{ руб/дет.опер.},$$

где:

N_y - суммарная установка мощность электродвигателей оборудования, кВт;

$K_{вр}$, K_N - коэффициент загрузки по времени и мощности электродвигателей оборудования d-го типоразмера ($K_{ва} = 0,6 \div 0,7$; $K_N = 0,5 \div 0,7$);

K_W - коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода ($K_W = 1,04 \div 1,05$);

$T_{рез.i}$ - норма времени резания по i-ой операции обработки деталей, час/дет.опер.;

$Ц_3$ - стоимость электроэнергии, руб.квт.час ($Ц_3 = 2$ руб/квт.час).

$$C_{3_6} = \frac{11 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 1,04 \cdot 1,76 \cdot 2 \cdot 38,7}{0,85 \cdot 1,5} = 4,3 \text{ руб.дет.опер.};$$

$$C_{3_n} = \frac{11 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 1,04 \cdot 1,03 \cdot 2 \cdot 29,8}{0,85 \cdot 1,3} = 2,1 \text{ руб./дет.опер.}$$

Рассчитаем затраты на эксплуатацию оборудования по вариантам

$$C_{o_6} = 76,5 + 71 + 4,3 = 151,8 \text{ руб./дет.опер.};$$

$$C_{o_n} = 110 + 42 + 2,1 = 154,1 \text{ руб./дет.опер.}$$

Затраты на содержание помещения

$$C_{K_i} = \frac{S_{oi} \cdot \mu_{si} \cdot C_{K2}}{Q_{гз}} \text{ руб./дет.опер,}$$

где:

S_{oi} - площадь, необходимая для выполнения i -ой операции, м²;

μ_{si} - коэффициент занятости площади при выполнении i -ой операции;

C_{K2} - годовые расходы на содержание помещения, приходящиеся на 1 м² площади цеха, руб./год.м²;

$Q_{гз}$ - годовое количество изделий, шт./год;

$$S_{oi} = S_i \cdot k_{fi} \cdot O_i$$

где:

S_i - производственная площадь, занимаемая единицей оборудования, м²;

k_{fi} - коэффициент, учитывающий дополнительную площадь;

O_i - принятое количество оборудования.

$$S_{O_6} = 24,2 \cdot 1,5 \cdot 3 = 108,9 \text{ м}^2$$

$$S_{O_u} = 24,2 \cdot 1,5 \cdot 3 = 108,9 \text{ м}^2$$

$$C_{K_6} = \frac{108,9 \cdot 0,85 \cdot 72}{10000} = 0,70 \text{ руб/дет.опер.};$$

$$C_{K_u} = \frac{108,9 \cdot 0,85 \cdot 72}{10000} = 0,70 \text{ руб/дет.опер.};$$

Определим численное значение технологической себестоимости операции

$$C_{T_6} = 127,76 + 151,8 + 0,7 = 309,8 \text{ руб/дет.опер}$$

$$C_{T_u} = 64,209 + 154,1 + 0,7 = 234,4 \text{ руб/дет.опер}$$

8.5. Сравнение вариантов и расчет результирующих экономических показателей.

Себестоимость детали

$$C_{И_б} = 779 + 309,8 = 1088,8 \text{ руб/дет.опер.}$$

$$C_{И_н} = 779 + 234,4 = 1013,4 \text{ руб/дет.опер.}$$

Себестоимость обрабатываемой продукции на станках

$$C_б = 1088,8 \cdot 10000 = 10888 \cdot 10^3 \text{ руб/год.}$$

$$C_н = 1013,4 \cdot 10000 = 10134 \cdot 10^3 \text{ руб/год}$$

$$\Delta C = 10888 \cdot 10^3 - 10134 \cdot 10^3 = 754 \cdot 10^3 \text{ руб/год.}$$

Вывод:

Результаты расчета показывают, что новый вариант станка экономически выгоднее базового варианта, так как себестоимость обрабатываемой продукции на новом станке меньше себестоимости обрабатываемой продукции на базовом станке.

Таким образом, применение нового станка в производстве даст экономию на себестоимости обрабатываемой продукции.

Основные технико-экономические показатели проектирования нового и модернизации имеющегося оборудования, представлены в табл. 4.

Основные технико-экономические показатели проектирования нового и модернизации имеющегося оборудования.

Таблица 4.

Показатели	Единица Измерения	Вариант		Результат сравнения
		Базовый	новый	
1	2	3	4	5
1. Затраты на проектные работы				
1.1. Заработная плата основная и дополнительная проектировщиков, непосредственно выполняющих проектные работы	руб.	-	75386	-
1.2. Отчисления на социальные нужды (по нормативу от 1.1.)	руб.	-	30154	-
1.3. Итого технологическая себестоимость	руб.	-	115000	-
1.4. Норматив отнесения общепроизводственных затрат	-	-	50%	-
1.5. Производственная себестоимость проектирования	руб.	-	143040	-
1.6. Норматив отнесения общехозяйственных затрат	-	-	40%	-
1.7. Общехозяйственная себестоимость проектирования	руб.	-	183040	-
1.8. Минимальная договорная цена на проектную продукцию	руб.	-	219648	-

2. Затраты на изготовление оборудования				
2.1. Технологическая себестоимость изготовления в том числе:	руб.	-	287744	-
2.1.1. Материалы основные	руб.	-	88000	-
2.1.2. Возвратные отходы	руб.	-	1260	-
2.1.3. Энергия на технологические цели	руб.	-	6910	-
2.1.4. Заработная плата основная и дополнительная основных производственных рабочих	руб.	-	120960	-
2.1.5. Отчисления на социальные нужды (по нормативу от 1.2.4.)	руб.	-	48384	-
2.1.6. Износ покупных специальных инструментов и приспособлений	руб.	-	4750	-
2.2. Норматив отнесения общепроизводственных затрат на технологическую себестоимость	-	-	20%	-
2.3. Производственная себестоимость изготовления	руб.	-	367274	-
2.4. Норматив отнесения общехозяйственных затрат на производственную себестоимость		-	30%	-
2.5. Общехозяйственная себестоимость	руб.	-	457274	-

продолжение таблицы 4.

2.6. Норматив отнесения коммерческих затрат на общехозяйственную себестоимость	-	-	10%	-
2.7. Коммерческая себестоимость	руб.	-	492274	-
2.8. Минимальная договорная цена на изделие	руб.	-	566115	-
2.9. ИТОГО затрат по проектированию и изготовлению нового оборудования	руб.	-	785763	-
3. Экономические показатели использования нового оборудования				
3.1. Увеличение производительности	раз			2
3.2. Затраты на заработную плату основную и дополнительную с отчислением на социальные нужды при полной годовой загрузке и обслуживании рабочим	руб	247434	127237	-120197
3.3. Годовые затраты на энергию технологическую при полной загрузке	руб	13038	8500	-4538
3.5. Годовые затраты на содержание и эксплуатацию	руб	62040	62113	73
3.6. ИТОГО годовых текущих затрат (3.4.+3.5.)	руб	414784	258005	-124662

Общий годовой экономический эффект может быть определен в сопоставлении затрат на проектирование и модернизацию оборудования ($Z_{\text{мод.}}$) с полученным результатом ($\mathcal{E}_{\text{исп.}}$)

$\mathcal{E}_{\text{год.}} = -191044$ руб.

Относительная экономическая эффективность составит:

$$E = \mathcal{E}_{\text{исп.}} / Z_{\text{мод.}} = 191044 / 315706 = 0,65$$

Срок окупаемости капиталовложений будет равен (лет):

$$T_{\text{ок}} = 1 / E = 1,6$$

Оба показателя свидетельствуют о высокой эффективности проекта, окупаемость которого в конечном итоге составит менее двух лет.

9. Безопасность жизнедеятельности.

9.1. Общие требования при работах на расточных станках

К работе на расточных станках допускаются лица, хорошо ознакомленные с механизмом станка, правилами безопасной эксплуатации расточного инструмента, обучение правильному обращению с ними, прошедшие медицинский осмотр и инструктаж по технике безопасности и не моложе 18 лет.

Рабочие места должны содержаться в чистоте, не должны загромождаться материалами, приспособлениями и изделиями, пол не должен иметь скользких мест и выбоин.

Рабочие места должны быть хорошо освещены. Местное освещение должно иметь напряжение сети, не превышающее 36 Вольт.

Станины станков и корпуса пультов управления должны быть заземлены.

Шкафы, ящики, этажерки и стеллажи должны быть устроены так, чтобы хранимые в них предметы находились в устойчивом положении и не выпадали.

Гидравлические, пневматические и электрофицированные зажимные приспособления для исключения возможности вылета обрабатываемых деталей в случаях неожиданного понижения или прекращения подачи жидкости, воздух, электрического тока должны быть оборудованы блокирующими устройствами.

Смену инструмента следует производить специально предназначенными для этой цели приспособлениями, указанными в технологической документации. Для съема инструмента необходимо применять гаечные ключи, молотки и выколотки, изготовленные из материала, исключающего отделение частиц при ударе.

Режущий инструмент должен подбираться и устанавливаться на станок в зависимости от материала и формы обрабатываемых изделий.

Режущий инструмент должен быть испытан, согласно правилами ГОСТа, при контрольной испытательной скорости предприятием-изготовителем и перед установкой на станок, при испытательной скорости установщиками.

Расточные станки при работе без охлаждения должны быть обеспечены установками отсоса пыли. Пылеотсасывающие устройства должны обеспечить очистку воздуха, удовлетворяющую санитарным нормам. Станки, работающие с применением СОТС, должны быть снабжены устройствами для отсоса вредных аэрозолей из зоны обработки.

Размещение шлангов, по которым подается СОЖ в зону резания, должно производиться так, чтобы была исключена возможность соприкосновения их с режущим инструментом и движущимися частями станка.

При обработке резанием с применением СОЖ и масел должны применяться защитные устройства, не допускающие разбрызгивания СОЖ и масел за пределы станка.

Баки и другие емкости, предназначенные для сбора СОЖ, следует по мере необходимости очищать от осадков пыли, стружки, в сроки, указанные в инструкции.

Производить обдувку сжатым воздухом поверхностей заготовок деталей и станков не допускается.

На станках, работающих на скоростных режимах, защитный кожух должен иметь окраску, отличную от окраски станка.

При каждой замене электродвигателя станка или изменении передаточного отношения привода число оборотов шпинделя должно быть проверено и записано паспорт станка. О заменах должны быть поставлены в известность мастер участка и рабочий, отвечающий за данный станок.

Подводимые к станкам трубы, шланги, применяемые для прокладки электропроводки, подачи воздуха и жидкости (используемые для закрепления заготовок, деталей пневматических, гидравлических и электромагнитных приспособлениях), проложенные в местах, где возможны механические повреждения, должны быть ограждены.

Для складирования мелких заготовок в соответствии с технологической документацией должна применяться специальная тара, допускающая удобную

транспортировку и безопасную строповку при транспортировке краном. Тара должна быть прочной, рассчитана на необходимую грузоподъемность.

Установка и снятие со станков и транспортных устройств заготовок, деталей, приспособлений и инструмента весом более 16 кг должны производиться с помощью подъемных или подъемно-транспортных устройств и механизмов, согласно требованиям ГОСТа.

9.2. Расчет общего освещения на рабочем участке.

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света или для освещения помещения в те часы суток, когда естественный свет отсутствует.

По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть двух видов общее и комбинированное, когда к общему освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочих местах.

При выполнении в помещениях работ высокой точности следует применять систему комбинированного освещения.

В качестве источников искусственного света применяются лампы накаливания и газоразрядные лампы. В лампах накаливания источником света является раскаленная проволока из тугоплавких металлов (вольфрам). По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные (НВ), газонаполненные (НГ), безспиральные (НБ).

В настоящее время все большее применение в промышленности находят газоразрядные лампы, которые бывают низкого и высокого давления.

Газоразрядные лампы низкого давления, называемые люминесцентными, представляют собой трубку, внутренняя полость которой покрыта тонким слоем твердого кристаллического вещества - люминофора. Люминесцентные лампы отличаются по цветности лампы дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДИ), лампы наиболее близкие к естественному свету (ЛЕ), лампы белого цвета (ЛБ), лампы тепло белого цвета (ХТБ), лампы холодно - белого цвета (ЛХБ).

К газоразрядным лампам высокого давления относятся дуговые, ртутные люминесцентные лампы (ДРЛ) и другие. Для расчета осветительной установки при

равномерном размещении светильников общего освещения основным является метод коэффициента использования светового потока или метод коэффициента использования осветительной установки. Минимальное освещение $E=200$ лк.

В помещении токарного участка размерами: длина 50 м, высота 10 м, ширина 20 м, следует выполнить искусственное освещение. По опыту работы принимаем для использования лампы люминесцентные типа ЛД- 80, мощностью 80 Вт, снабжённые светильниками типа ОД.

Определить нормы искусственного освещения в производственном помещении для общей системы освещения, согласно СНиП 23-05-95 и число источников света, обеспечивающих нормируемую величину освещенности.

Определим нормируемую величину искусственной освещенности, которую нужно обеспечить в помещении, в люксах (лк) $E=200$ лк

Определим число источников света:

$$n = \frac{E * K * S}{\Phi_{л} * \eta * Z}, \text{ где}$$

E - величина искусственной освещённости, лк

$\Phi_{л}$ - световой поток лампы, лм,

$$\Phi_{л} = 4070 \text{ лм}$$

K - коэффициент запаса учитывающий старение и загрязнение ламп колебания в сети, $K = 1,4$

Z - коэффициент учитывающий неравномерность освещения, $Z = 0,9$

S - освещаемая площадь, м^2 , $S = 50 \times 20 = 1000 \text{ м}^2$

η - коэффициент использования светового потока

Коэффициент использования светового потока выбирается из в зависимости от типа лампы, типа светильника, от коэффициентов отражения от потолка и стен и показателя помещения, определяемого из соотношения:

$$\eta = \frac{a * b}{(a + b) * h_p}, \text{ где}$$

a, b – длина и ширина помещения, м

h_p - высота подвеса светильников под рабочей поверхностью.

Принимаем $h_p = 6,5$ м

$$i = \frac{50 * 20}{(50 + 20) * 6,5} = \frac{1000}{455} = 3,0$$

Коэффициент отражения от стен $c = 0,50$

$$n = \frac{200 * 1,4 * 1000}{4070 * 0,66 * 0,9} = 115,81 - \text{принимаем } n = 116$$

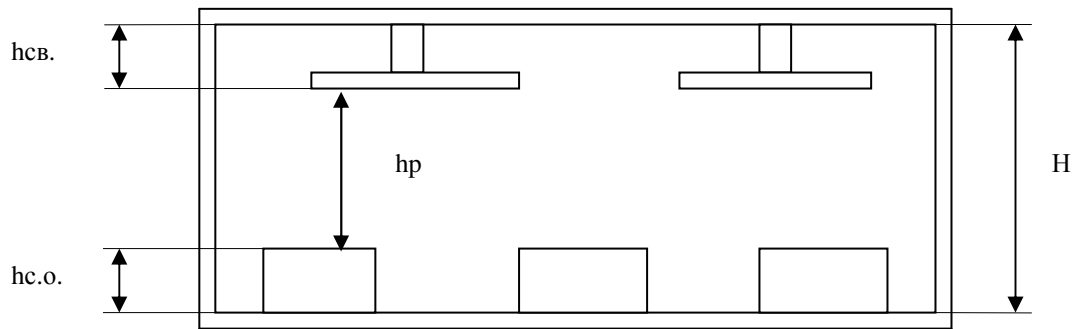


Рис.1 Производственное помещение

H - высота производственного помещения, $H = 10$ м

h с.о. - высота станочного оборудования, h с.о. = 1,5 м.

h св. - высота подвеса светильников от потолка, h св. = 2 м.

Электрическая мощность, потребляемая осветительной установкой находится из выражения.

$$N = N_{л.} * n = Вт, \text{ где}$$

$N_{л.}$ - электрическая мощность одной лампы, Вт

n - число ламп в осветительной установке

$$N = 100 * 116 = 11160 \text{ Вт.}$$

Вывод: Для освещения рабочего участка необходимо использовать 116 осветительных ламп, по 2 в установке (58 светильников), общей мощностью $N = 11,2$ кВт

9.3. Действия персонала цеха при пожаре.

Работники цеха при обнаружении пожара обязаны:

- а) немедленно сообщить о пожаре по телефону в пожарную часть (при этом необходимо назвать адрес объекта, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию) и принять меры по вызову к месту пожара руководителя подразделения или другого ответственного лица;
- б) принять меры по тушению пожара, эвакуации людей и материальных ценностей.

Руководитель подразделения или другое должностное лицо, прибывшее к месту пожара, обязано:

- а) продублировать сообщение о пожаре в пожарную часть;
- б) привлечь к тушению пожара добровольную пожарную дружину подразделения и поставить в известность администрацию объекта о пожаре;
- в) в случае угрозы для жизни людей немедленно организовать их спасение, используя для этого все имеющиеся силы и средства;
- г) произвести при необходимости отключение электроэнергии (за исключением систем противопожарной защиты), остановку транспортирующих устройств, агрегатов, аппаратов, перекрытие сырьевых, газовых, паровых и водяных коммуникаций, остановку систем вентиляции в аварийном и смежных с ним помещениях и выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара и успешному его тушению;
- д) проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты (оповещение людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты), организовать встречу пожарной части и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к месту пожара;
- е) прекратить все работы (если это возможно по технологическому процессу производства), кроме работ, связанных с тушением пожара, удалить из опасной зоны всех работников подразделения, не связанных с ликвидацией пожара;
- ж) осуществлять руководство тушением пожара до прибытия пожарной части с учетом специфических особенностей горящего объекта, обеспечить защиту людей,

принимających участие в тушении пожара от возможных обрушений конструкций, поражения электротоком, отравлений, ожогов;

з) при необходимости вызвать к месту пожара медицинскую и другие службы города (объекта).

По прибытии подразделений пожарной охраны руководитель объекта (подразделения) или другое должностное лицо, руководившее тушением пожара, поступает в распоряжение руководителя тушения пожара (РТП) и действует по его указаниям.

Представитель объекта в оперативном штабе тушения пожара обязан:

- ✓ консультировать руководителя тушения пожара по специфическим особенностям горящего объекта: его технологии, опасности воздействия на аппараты и материалы высокой температуры пожара и продуктов горения;
- ✓ обеспечивать рабочей силой и инженерно - техническим персоналом для выполнения работ, связанных с тушением пожара и эвакуацией имущества;
- ✓ обеспечивать автотранспортом для подвозки средств, которые могут быть использованы для тушения и предотвращения распространения пожара;
- ✓ организовывать работы по отключению или переключению коммуникаций согласно указаниям руководителя тушения пожара;
- ✓ корректировать действия служб и отдельных лиц, занятых выполнением работ, связанных с тушением пожара.

По каждому случаю пожара или загорания администрация объекта обязана провести расследование. Результаты расследования оформляются актом о пожаре по форме, установленной "Инструкцией по служебному расследованию, учету пожаров на железнодорожном транспорте и определению ущерба".

Общие требования

1.1. Организация и ведение технологических процессов должны производиться в соответствии с нормативно - технической и технологической документацией на соответствующие процессы, согласованной и утвержденной в установленном порядке и направленной на внедрение передовой технологии и обеспечение пожаровзрывобезопасности технологических процессов в течение всего времени их функционирования.

1.2. При проведении и организации технологических процессов следует предусматривать:

- ✓ постоянный контроль за работой систем автоматизации и регулирования пожаровзрывоопасных параметров технологических процессов;
- ✓ контроль состояния воздушной среды производственного помещения;
- ✓ замену пожароопасных веществ на негорючие или менее горючие;
- ✓ замену сухих способов переработки пылящих материалов мокрыми способами;
- ✓ своевременное удаление пожаровзрывоопасных отходов производства.

1.3. В технологических процессах снятия краски и обезжиривания поверхности кузовов подвижного состава должны применяться пожаробезопасные растворы и препараты.

1.4. Помещения, в которых расположены взрывопожароопасные производства, следует оборудовать автоматическими средствами пожаротушения и пожарной сигнализации согласно перечням, утвержденным Министерством.

Независимо от наличия автоматических средств пожаротушения и сигнализации, помещения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения.

1.5. Для контроля за состоянием воздушной среды производственных помещений должны устанавливаться автоматические газоанализаторы до взрывоопасных концентраций ГГ, паров ЛВЖ и ГЖ.

При отсутствии серийно выпускаемых промышленностью газоанализаторов должен осуществляться периодический лабораторный анализ воздушной среды помещения в соответствии с действующим стандартом.

1.6. Средства автоматического контроля ГГ, паров ЛВЖ и ГЖ в воздухе производственных помещений при нарастании их концентраций до предельно допустимого взрывобезопасного значения, а также средства контроля хода технологического процесса должны обеспечивать:

- ✓ срабатывание звуковой и световой сигнализации;
- ✓ включение аварийной вентиляции;
- ✓ остановку компрессоров, насосов и других аппаратов или срабатывание аварийных задвижек (отсечных клапанов), прекращающих поступление пожароопасных веществ в технологическое оборудование и коммуникации производственного помещения;
- ✓ сбрасывание ГГ и паров или слив ЛВЖ и ГЖ из аварийного технологического оборудования за пределы производственного помещения или подачу флегматизаторов в технологическое оборудование и коммуникации.

1.7. Для обеспечения аварийного слива ЛВЖ и ГЖ из аппаратов следует предусматривать аварийные емкости, располагаемые за пределами производственного здания, или поддоны с бортиками (при небольшом количестве применяемых ЛВЖ и ГЖ), ограничивающие разлив ЛВЖ и ГЖ по полу производственного помещения при аварийных ситуациях.

1.8. Сборники и аварийные емкости для ЛВЖ и ГЖ рекомендуется снабжать приспособлениями, сигнализирующими о максимально допустимом уровне заполнения, а при необходимости также переливными трубами, связанными с питающими и запасными емкостями.

1.9. Устройства, предназначенные для слива ЛВЖ и ГЖ из стационарных аппаратов на случай аварии или пожара, должны быть исправны. Задвижки линий аварийного слива должны иметь опознавательные знаки, а подступы к ним быть свободными.

1.10. Технологическое оборудование должно проходить текущий и капитальный ремонт в соответствии с техническими условиями и в сроки, определенные графиком, утвержденным главным инженером объекта.

1.11. Технологическое оборудование, аппараты и трубопроводы, в которых обращаются пожаровзрывоопасные вещества, должны быть герметичными.

Запрещается выполнять технологические операции на оборудовании с неисправностями, могущими привести к загораниям и пожарам, а также при отключении контрольно – измерительных приборов.

10. Литература

1. «Справочник технолога-машиностроителя» под ред. Кисловой А.Г., т. I, II, М., МС, 1986 г.
2. В.И. Анурьев «Справочник конструктора-машиностроителя», т. I, II, III, М., МС, 1979 г.
3. «Расчет приводов главного движения с электродвигателями постоянного и переменного тока с регулируемой частотой вращения». Методические указания, С.-П., 1997 г.
4. «Машиностроительные нормативы времени и норм резания для нормирования работ, выполненных на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ», М., Экономика, 1990 г.
5. Решетов Д.Н. «Детали машин», М., МС, 1975 г.
6. Чернов Н.Н. «Металлорежущие станки», М., МС, 1987 г.
7. Горбачев А.Ф. «Курсовое проектирование по технологии машиностроения», Минск, Высшая школа, 1986 г.
8. Пуш В.Э. «Конструирование металлорежущих станков», М., МС, 1985 г.
9. Методические указания Завода ВТУЗа.
10. Маеров А.Г. «Устройство, основы конструирования и расчет металлообрабатывающих станков и автоматических линий», М., МС, 1986 г.
11. Беляев В.Н. «Охрана окружающей среды», М., МС, 1989 г.
12. Белов С.В. «Безопасность производственных процессов», Справочник, М., МС, 1985 г.
13. Вейц В.Л., Васильков Д.В. «Проектирование ступенчатых коробок и приводов с замкнутыми кинематическими цепями», т. 1, 2, 3 С-Пб., ПГУ, 2003 г.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										6	3		
Разраб.													
Нормир.													
Соглас.													
Р				ПИ	0 и 8	l	i	t	S	n	v		
01	5. Сверлить отверстие $\Phi 50^{+0,21}$ насквозь, выдерживая				$\Phi 50$	52	1	25	0,22	2000	51,3		
02	размеры 275, 135												
03	Сверло спиральное $\Phi 50$ -Н14, Р6М5, ГОСТ 10902-87												
04													
05	5. Рассверлить отверстие $\Phi 50^{+0,21}$ до $\Phi 75^{+0,04}$ насквозь				$\Phi 75$	52	1	31	0,18	2000	57,4		
06	выдерживая размеры 275, 135												
07	Сверло спиральное $\Phi 75$ -Н12, Р6М5, ГОСТ 10902-87												
08													
09	6. Расточить отверстие $\Phi 85^{+0,04}$ на длину 52,				$\Phi 85$	52	2	4(1,25)	0,22	1250	214,2		
10	выдерживая размер 275												
11	Резец расточной $\varphi=90^\circ$, Т15К6, ГОСТ 9795-83												
12													
13	7. Расточить отверстие $\Phi 90^{+0,04}$ на длину 10,				$\Phi 90$	10	3	4(1,8)	0,22	1600	230,7		
14	выдерживая размер 275 и $\perp 0,04$ Б												
15	Резец расточной $\varphi=90^\circ$, Т15К6, ГОСТ 9795-83												
16													
17													
18													

Дудл.														
Взам.														
Подл.														
											6	5		
Разраб.														
Нормир.														
Соглас.														
Р		ПИ	Ø и R	l	i	t	S	n	v					
01	5. Сверлить 2 отверстия $\phi 14^{+0,35}$ насквозь, выдерживая		$\phi 14$	47	1	7	0,22	2500	32,1					
02	размеры $\pm 0,3$													
03	Сверло спиральное $\phi 14$ -H12, P6M5, ГОСТ 10902-87													
04														
05	6. Фрезеровать 2 паза R=7мм, выдерживая размеры 119,		R7	119	1	14	0,12	800	251,1					
06	8, $204 \pm 0,5$, 21,47													
07	Фреза концевая $\phi 14$, z=4, P6M5 ГОСТ 20537-85													
08														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														