

**Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
Филиал «Протвино»
Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»**

**А.А Евсиков, В.А. Коковин, Н.М Кудрявов,
А.П Леонов., А.М. Сасов**

**Выпускная квалификационная работа по направлению
«Автоматизация технологических процессов и
производств»**

ЭЛЕКТРОННОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**Рекомендовано
кафедрой автоматизации технологических процессов и производств
филиала «Протвино» государственного университета «Дубна»
в качестве методического пособия для студентов,
обучающихся по направлению
«Автоматизация технологических процессов и производств»**

**Протвино
2017**

ББК 34.5 я73
Е 25

Рецензент

Главный инженер Специального Конструкторского Бюро
Космического приборостроения Института Космических Исследований РАН
А.Н. Наумов

Евсиков А.А.

Е 25

Выпускная квалификационная работа по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств»: электронное методическое пособие / А. А. Евсиков, В.А. Коковин, Н.М Кудрявов, А.П Леонов, А.М. Сасов. — Протвино, 2017. — 144 с.

Электронное методическое пособие содержит методические указания для выполнения Выпускной квалификационной работы по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Для студентов, обучающихся по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств».

ББК 34.5 я73

© Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна», филиал «Протвино», 2017
© Евсиков, А. А., Коковин В.А., Кудрявов Н.М.,
Леонов А.П., Сасов А.М.

Оглавление

Введение	4
1. Технологический раздел	6
1.1 Разработка технологического процесса изготовления детали “Крышка корпуса правая”	7
1.2 Разработка управляющей программы в ISO-7bit	53
2 Конструкторский раздел	63
2.1 Принцип работы ИР500ПМФ4.....	63
2.2 Описание кинематической схемы ИР500ПМФ4	72
2.3 Расчет зубчатой передачи	79
2.4 Разработка компоновочной схемы ГПМ	89
3. Система управления	92
3.1. Принципы выбора электрических двигателей фирмы Siemens для использования в основных приводах металлорежущих станков ГПМ.....	94
3.3 Разработка структуры системы управления ГПМ	118
3.4. Разработка программы управления обработкой детали	120
3.5. Разработка алгоритма управления обработки детали.....	131
Заключение	134
Список использованной литературы	135
Приложение	136

Введение

Актуальность исследования. Работа над созданием и совершенствованием средств автоматизации развивается в направлениях по разработке средств автоматизации выпускаемого и действующего в настоящее время оборудования с целью повышения его эффективности; созданию новых автоматизированных технологических комплексов, где совмещаются вопросы повышения производительности, надёжности, точности выполнения работ, а также уровня автоматизация операций с необходимой гибкостью для быстрой переналадки с целью адаптации к изменяющимся производственным условиям.

Цель исследования «Разработка технологического процесса изготовления детали «Крышка корпуса правая» на базе ГПМ ИР500ПМФ4»

В соответствии с целью были сформулированы задачи:

1. Разработать технологический процесс изготовления детали «Крышка корпуса правая»
2. Разработать управляющую программу в ISO-7bit
3. Рассмотреть принципы работы ИР500ПМФ4
4. Описать кинематическую схему ИР500ПМФ4
5. Рассчитать зубчатую передачу
6. Разработать компоновку гибкого производственного модуля (ГПМ)
7. Выбрать электрические двигатели фирмы Siemens для использования в основных приводах металлорежущих станков ГПМ
8. Выбрать управляющие и исполнительные устройств фирмы Siemens

Объект исследования – автоматизация технологических процессов изготовления деталей.

Предмет исследования – автоматизация технологических процессов

изготовления детали типа крышка корпуса правая.

Методологической базой исследования стали труды таких авторов как: А.Е. Шейнблит, Ю.М. Соломенцев, А.М. Дальский, П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов, А.А. Евсиков, В.А. Коковин, А.П. Леонов, А.М. Сасов, Г.В. Курзуков, Н.М. Кудрявов.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в том, что ее результаты можно использовать при изготовлении на производстве деталей данного типа.

1. Технологический раздел

Важнейшим элементом производственного процесса является технологический процесс (ТП).

Технологическим процессом называют часть производственного процесса, содержащую целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. К предметам труда относят заготовки и изделия [1].

В ТП изготовления заготовок происходит превращение материала в исходные заготовки деталей машин заданных размеров и конфигурации путем литья, обработки давлением, резки сортового или специального проката, а также комбинированными методами. В процессе термической обработки происходят структурные превращения материала заготовок, изменяющие его свойства. При механической обработке наблюдается последовательное изменение состояния исходной заготовки (ее геометрических форм, размеров и количества поверхностей) до получения готовой детали.

Для осуществления практически любого ТП в машиностроительном производстве необходимо применение совокупности орудий производства, называемых средствами технологического оснащения.

ТП всегда многовариантен. Многовариантность разработки ТП всегда связана с преодолением существенных трудностей. Каждый разработчик процесса, анализируя многие факторы, приходит в итоге к определенному технологическому решению (ТР). Однако нельзя гарантировать, что именно принятое решение является наиболее приемлемым, поскольку задача разработки процесса с самого начала содержала много неизвестных факторов. Кроме того, в настоящее время для решения многовариантных задач с успехом применяют электронно-вычислительные машины (ЭВМ) [2]. При этом удастся не только учесть многие одновременно действующие

факторы, но и выработать единое решение за короткое время [1].

Использование ЭВМ при разработке ТП знаменует новый этап развития технологии машиностроения как науки. Оптимальные решения формируются за короткое время и при сравнительно малых затратах средств. Конкретный ТП изготовления детали и сборки может быть представлен на уровне как технологическою маршрута, так и технологической операции. При этом оформляют соответствующую документацию с графическим подтверждением принятых решений.

Несмотря на очевидную прогрессивность использования ЭВМ, нельзя считать, что разработка ТП связана исключительно с их применением. Разработчик должен владеть различными методами решений технологических задач как с применением ЭВМ, так и без них [3].

Основы технологии машиностроения традиционно включают несколько важнейших этапов разработки ТП. В любом типе производства оказывается необходимым анализ исходных данных и технологический контроль конструкторской документации. Экономические проблемы современного производства одной из основных делают задачу выбора заготовок и разработку маршрутного ТП. Маршрутный и операционный ТП определяют особенности смежных производств (в частности, заготовительного), выбора оборудования, режущего инструмента, приспособлений, измерительных средств и всех элементов производства, которые образуют производственную среду.

1.1 Разработка технологического процесса изготовления детали “Крышка корпуса правая”

1.1.1 Служебное назначение детали

Крышка для герметизации корпуса.

1.1.2 Анализ технологичности детали

Требования к качеству поверхностей не высоки, поэтому деталь не требует специальных методов обработки. Обработку всех поверхностей можно выполнить на токарном станке с ЧПУ

1.1.3 Определение характера (вида) производства

Рассчитаем массу детали

$$M = \frac{V * \rho}{1000} = 9,7 \text{ кг}$$

При годовой программе выпуска деталей 2000 шт. в год и весе детали 9,7 кг определяем тип производства — среднесерийное.

Определим размер партии деталей запускаемых в производство одновременно, по формуле:

$$n = (t * N) / 253 = (15 * 2000) / 253 = 119 \text{ шт.};$$

где N — годовой выпуск деталей = 2000 шт.;

t = 15 — норма запаса деталей (дней) для хранения на складе готовых деталей в ожидании сборки (для среднесерийного производства);

253 — число рабочих дней в году.

Полученный результат округляем до величины ($N/12=167$) кратной месячному выпуску деталей для обеспечения ритмичности работы. Принимаем размер партии $n = 167$ шт.

1.1.4 Расчёт параметров заготовки

Исходные данные:

Материал – Сталь 30Л ГОСТ 977-75.

Наибольший габаритный размер детали - 325 мм.

Принимаем группу сложности отливки - средняя.

В соответствии с исходными данными по таблице 9 [4] находим, что ожидаемый класс размерной точности отливки изменяется в пределах 5—9.

С учётом примечаний к таблице, принимаем 7-й класс размерной точности отливки. В зависимости от отношения наименьшего размера отливки (высоты = 150 мм) к наибольшему размеру (диаметр = 325 мм),

$150/325 = 0,46$ табл. 10 [24], степень коробления отливки изменяется в пределах 4 - 7. С учётом примечания к таблице принимаем 6-ю степень коробления отливки [24].

В соответствии с исходными данными по табл. 11 [4], находим, что степень точности поверхности отливки находится в пределах 4—9.

С учётом примечаний к таблице принимаем 8 степень точности поверхности отливки $(5+10)/2 = 8$.

В соответствии с исходными данными по табл. 13 [4], находим, что класс точности массы отливки изменяется в пределах 4—11, с учётом примечаний к таблице, принимаем 8 класс точности массы отливки, среднее значение — 7) [15].

Определим допуск смещения отливки по плоскости разъёма, для чего определим номинальный размер наиболее тонкой из стенок, выходящих на разъём (или пересекающих его). В нашем случае он равен $(49-38)/2 = 5.5$ мм.

По табл.14 [4] для размера 5.5 мм и 7 класса размерной точности допуск на смещение равен 0,9 мм.

На чертеже отливки, в технических требованиях, укажем нормы точности отливки условным обозначением:

Точность отливки 7—6—8—7 см 0,56 ГОСТ26645-85.

Определим ряд припуска на обработку отливки, зависящий от:

степени точности поверхности обработки - 7

материала – Сталь 30Л

типа производства - среднесерийное

По табл. 3.4 [5], по указанным данным исходный ряд припусков на обработку находится в пределах 2—5. С учётом примечаний к таблице принимаем 3-й ряд припуска.

Вид окончательной обработки поверхности определяется в зависимости от соотношения между допуском размера детали и допуском размера отливки (IT_д/IT_з) и размера от базы обработки до обрабатываемой

поверхности.

Заполним графы 1 и 2 и «Сводной таблицы расчёта элементов отливки», далее по тексту «таблица»:

в графу 1 внесём все размеры с чертежа детали, на которые следует рассчитать припуск и допуск для разработки чертежа отливки;

в графу 2 внесём допуск размера детали.

Определим допуски на размеры отливки по таблице 3.5 [5] или табл. 14 [5] для 7 класса размерной точности. Определяем величину допуска для каждого размера, найденные величины заносим в графу 3 таблицы.

Определим вид окончательной обработки, для чего определим для каждой поверхности отношение допуска размера детали к допуску размера отливки (значение графы 2 таблицы делим на значение графы 3 таблицы, результат заносим в графу 4 таблицы).

Из таблицы 3.10 [5] по допуску на размер отливки и отношению допуска размера детали к допуску размера отливки определяем вид окончательной обработки для каждой поверхности детали.

Примечание:

Найденный по таблице 3.10[5] вид окончательной механической обработки необходимо уточнить по таблице 3 Приложения 4 или по табл. 5.13 [1], так как в чертежах деталей есть поверхности с низкой точностью размеров (1Т10-НГП6), но высокой чистотой обработки.

С учётом данного примечания, заполняем графы 5 и 7 таблицы. Определяем припуск на каждую поверхность отливки. По таблице 3.14.[5] или табл.40[14], для 3-го ряда припуска и общим допуском с учётом указаний изложенных на стр.60[5] (припуски на поверхности вращения и противоположные поверхности берутся по половинному допуску.

Определённые припуски (на сторону) заносим в графу 6 таблицы. Общие допуски на каждый размер заготовки заносим в графу 9 таблицы.

Примечание:

При расчёте общего припуска на размер необходимо учитывать:

Величину смещения отливки по плоскости разъёма. При определении влияния допуска смещения на элементы отливки необходимо учитывать исходные базы и поверхности, обрабатываемые на первой операции механической обработки.

Если отливка выполняется в форме с песчаными стержнями, необходимо выявить элементы отливки, на которые действуют допуски смещения от перекоса стержня и смещения полуформ, необходимо найти эти допуски и учесть в припусках элементов отливки, на которые они влияют.

При расчете припуска на размеры заготовки, необходимо провести анализ каждого размера детали, переносимого на чертёж заготовки, с целью выявления размеров, на которые припуск не назначается, а назначается лишь допуск.

Из таблицы 3.14 [5] для каждой поверхности внесём в графу 8 таблицы припуск на сторону для каждого вида обработки:

Припуски на размеры детали внесём в графу 9 таблицы.

Таблица 1.1.Сводная таблица расчетов элементов отливки

Размер детали	Допуск на размер (мм)		ITg/ ITз	Вид окончательной механической обработки	Общий припуск (на сторону) (мм)	Вид обработки	Припуск для вида обработки	Припуск на размер детали (мм)
	Детали ITg	Отливки ITз						
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ø325h14	1,4	2	0,7	Черновая	1,1	Черновая	2	2,2
Ø254h14	1,3	2	0,65	Черновая	1,1	Черновая	1,1	2,2
Ø140+0,04	0,04	1,6	0,025	Тонкая	1,5	Черновая Получистовая Чистовая Тонкая	0,9 0,1 0,1 0,1	3
Ø225 ^{-0,05} _{-0,112}	0,072	1,8	0,04	Тонкая	1,6	Черновая	1	3,2

						Получистовая	0,1	
						Чистовая	0,1	
						Тонкая	0,2	
150h14	1	1,6	0,625	Черновая	1,5	Черновая	1,5	3
100h14	0,87	1,6	0,54	Черновая	0,9	Черновая	0,9	1,8
Ø270h14	1,3	2	0,65	Черновая	1,1	Черновая	1,1	2,2
40h14	0,62	1,2	0,51	Черновая	0,9	Черновая	0,9	1,8
30h14	0,62	1,1	0,51	Черновая	0,8	Черновая	0,8	1,6

Чертёж отливки представлен в Приложении 1. На чертеже отливки указываем:

исполнительные размеры с симметричным расположением полей допусков (исполнительный размер получим суммируя размер детали (графа 1 таблицы) с припуском на размер детали (графа 9 таблицы));

точность отливки;

литейные уклоны ([4, стр.213, табл.5]);

литейные радиусы;

величину смещения 0,9 мм;

шероховатость поверхности для 8-й степени точности поверхности отливки не более 10 мкм ([5, табл.3.8]) отсюда $4 \cdot 10 = 40$ мкм (табл.2, методических указаний).

Допуск круглости не должен превышать допуска на размер заготовки 7-го класса размерной точности, табл.3.5 [5]:

Допуск неплоскостности торцов отливки найдём по таблице 3.6 [5], для чего, по табл. 3.9 [5], найдём степень коробления отливки, при отношении высоты отливки 26 мм к диаметру Ø 58 мм равному 0,26, для многократной формы, степень коробления лежит в пределах 1-4 степени. Принимаем 3-ю степень коробления. По таблице 3.6 [5], допуск неплоскостности торцов для 3-й степени коробления равен 0,24 мм.

Для отверстия Ø140H7 произведем расчет припуска и предельных размеров по технологическим переходам расчетно-аналитическим методом.

Устанавливаем следующий маршрут обработки отверстия Ø140+0,04 (см. [5, стр. 22-23, табл.2.3]):

Черновое растачивание -13 квалитет, тонкое растачивание - 7 квалитет
Вся указанная обработка выполняется с установкой заготовки в трехкулачковом патроне

Таблица 1.2.

Маршрут обработки отверстия Ø140H7(+0,040)	Элементы припуска (мкм)				Расчеты величин (мм)		Допуск на выполняемый р-р. Тd (мкм)	Принятые (округленные) размеры заготовки по переходам (мм)		Предельный припуск (мкм)		Квалитет
	Rz	h	AX	s	Припуск 2Zj _{mjx} (мкм)	Макс. диам., (мм)		Наибольший d _{max}	Наим. d _{min}	2zj _{max}	2zj _{min}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Отливка	200	200	907	0	-	136,57	1600	136,6	134,97	—	—	15
(i=1)Растачивание черновое	100	100	54	0	2614	139,19	630	139,2	138,56	3,58	2,6	13
(i=1)Растачивание Получистовое	80	50	2,7	0	508	139,69	400	139,7	139,29	0,74	0,5	12
(i=1)Растачивание чистовое	20	20	0,1	0	265,4	139,96	160	140,0	139,80	0,51	0,3	10
(i=1)Растачивание Тонкое	5	5	0,0030	0	80,2	140,04	40	140,0	140,00	0,20	0,1	7

Примечание:

Точность обработки наружных поверхностей должна быть согласно табл.2.1 [5]. Точность обработки линейных размеров должна быть согласно табл.2.2 [5]. Заносим маршрут обработки в графу 1 (см. табл.3 методических указаний). Данные для заполнения граф 2, 3, 13 таблицы

берем для:

отливки при литье в кокиль должны быть согласно табл.7 [14]
квалитет 14-15 принимаем - 14 квалитет, $R_z=200\text{мкм}$; $l_i=200\text{мкм}$,

чернового растачивания должны быть согласно табл.2.13 [5] $R_z = 100\text{мкм}$; $h=100\text{мкм}$,

получистовое растачивания должны быть согласно табл.2.13 [5] $R_z = 80\text{мкм}$; $h=50\text{мкм}$,

чистовое растачивания должны быть согласно табл. 2.13 [5] $R_z = 20\text{мкм}$; $h=20\text{мкм}$,

тонкое растачивания должны быть согласно табл. 2.13 [5] $R_z = 5\text{мкм}$; $h=5\text{мкм}$,

По размеру отверстия ($\varnothing 254$ мм) и квалитету (H14) по должны быть согласно табл. 3.2 [5], или табл.2.4 [5] определим величину допуска T_d для каждого способа обработки, полученные значения занесём в графу 8 таблицы.

Расчет отклонений расположения поверхностей (По таблице 2,14 [5] (рисунок 3))

$$\Delta d = \sqrt{\Delta^2_{\text{кор}} + \Delta^2_{\text{см}}}$$

Ранее найден допуск смещения отливки по плоскости разъема = 0,9 мм. = 900 мкм.

Коробление отливки определяем используя табл. 2.26 [5]

Для корпусных деталей коробление составляет 0,7...1,0 мкм на 1 мм длины.

Принимаем $ДКУ = 0,8$ мкм на 1 мм длины Длина детали $L = 150$ мм, тогда

$$\Delta_{\text{Кор}} = \Delta_{\text{КУ}} * L = 0,8 * 150 = 120 \text{ мкм}.$$

Отклонение расположения $\varnothing 254$ отливки

$$\Delta d = \sqrt{120^2 + 900^2} = 907,9 \text{ мкм}$$

Заносим в графу 4 таблицы.

Величину остаточных пространственных отклонений для технологических переходов определяем по формуле (Выражение 2.2 [5])

$$\Delta i = \Delta d_{i-1} K_y$$

где K_y - коэффициент уточнения, табл. 2.27 [5].

Полученные результаты заносим в графу 4 таблицы, округлив до десятых долей. Погрешности базирования s определяем по табл.2.34 [5] для самоцентрирующегося патрона с упором $s = 0$.

Заносим в графу 5 таблицы.

Расчет минимальных припусков на диаметральные размеры для каждого перехода производим по уравнению (9):

(при $\varepsilon=0$)

$$2Z_{\min} = 2(R_{z-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\Delta_{zi-1} + \varepsilon^{2i}}$$

Полученные результаты заносим в графу 6 таблицы (округляем до целого значения).

Расчет наибольших размеров отверстия по технологическим переходам для предшествующего перехода производим, вычитая из значений наибольших предельных размеров отверстия выполняемого технологического перехода.

Наибольшие расчетные размеры заносим в графу 7 таблицы. Наибольшие предельные размеры округленные заносим в графу 9. Затем определяем наименьшие предельные размеры по переходам. (из “7” вычитаем “8”). Округленные результаты расчетов вносим в графу 10.

Расчет фактических максимальных и минимальных припусков по переходам производим, вычитая соответственно значения наименьших и наибольших предельных размеров, соответствующих выполняемому и предшествующему технологическим переходам:

Результаты заносим в графу 11, 12 таблицы.

Расчеты общих припусков производим по уравнениям:

$$Z0_{\max}=3,58+0,74+0,51+0,2=5,03 \text{ мм}$$

$$Z_{0\min}=2,6+0,5+0,3+0,1=3,5 \text{ мм}$$

Проверка.

$$Z_{\text{общ.мах}} - Z_{\text{общ.мин}} = T_3 - T_d$$

$$5,06 - 3,5 = 1,6 - 0,04$$

$$1,56 = 1,56$$

1.1.5 Разработка маршрутного и операционного тех. процесса изготовления детали

Технологический процесс - литьё в кокиль без песчаных стержней. Разработаем маршрутный технологический процесс изготовления детали «Крышка корпуса», который представим в виде таблицы:

Таблица 1.3. Маршрутный технологический процесс обработки детали «Крышка корпуса»

Номер		Наименование и содержание операции	Инструмент	Станок
Операция	Переход			
005		Токарная ЧПУ (зажим заготовки в патроне с гидропластом за Ø254)		
	1	Подрезать торец Ø225/Ø140	Резец подрезной (Т1) ГОСТ 18877-73	Фрезерный ЧПУ 2С42-65
	2	Обработка наружной поверхности	Резец расточной ГОСТ 18062-73	Фрезерный ЧПУ 2С42-65
	3	Обработка поверхности Ø225 получистовая.	Резец расточной ГОСТ 18062-73	Фрезерный ЧПУ 2С42-65
	4	Обработка поверхности Ø225 чистовая.	Резец расточной ГОСТ 18062-73	Фрезерный ЧПУ 2С42-65
	5	Обработка поверхности Ø225 тонкая	Резец расточной ГОСТ 18062-73	Фрезерный ЧПУ 2С42-65
	6	Расточка отверстия Ø140 черновое.	Резец расточной ГОСТ 18062-73	Фрезерный ЧПУ 2С42-65
	7	Расточка отверстия Ø140 получистовое.	Резец расточной ГОСТ 18062-73	Фрезерный ЧПУ 2С42-65
	8	Расточка отверстия Ø140 чистовое.	Резец расточной ГОСТ 18062-73	Фрезерный ЧПУ 2С42-65

Номер		Наименование и содержание операции	Инструмент	Станок
Операция	Переход			
	9	Расточка отверстия Ø140 тонкое	Резец расточной (ТЗ) ГОСТ 18062-73	Фрезерный с ЧПУ 2С42-65
010		Токарная ЧПУ (зажим заготовки в 3х кулачковом патроне за Ø225)		Фрезерный с ЧПУ 2С42-65
	1	Подрезать торец Ø325/ Ø315	Резец подрезной ГОСТ 18877-73	Фрезерный с ЧПУ 2С42-65
	2	Внутреннее точение	Резец расточной (ТЗ) ГОСТ 18062-73	Фрезерный с ЧПУ 2С42-65
	3	Расточка отверстия Ø315, полустачное.	Резец расточной (ТЗ) ГОСТ 18062-73	Фрезерный с ЧПУ 2С42-65
	4	Расточка отверстия Ø315, чистовое.	Резец расточной (ТЗ) ГОСТ 18062-73	Фрезерный с ЧПУ 2С42-65
	5	Расточка отверстия Ø315, тонкое.	Резец расточной (ТЗ) ГОСТ 18062-73	Фрезерный с ЧПУ 2С42-65
015		Сверлильная		
	1) 2) 3)	Сверление 2 отверстий Ø8 Н7 (Ø7,75) Развертывание Ø7,9 Развертывание Ø8	Сверло спиральное (Т4) из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком короткая серия ГОСТ 4010-77	Вертикально фрезерный
	2	Сверление 12 отверстий под М10	Сверло спиральное (Т4) из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком короткая серия ГОСТ 4010-77	Вертикально фрезерный
	3	Сверление 6 отверстий Ø11	Сверло спиральное (Т4) из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком короткая серия ГОСТ 4010-77	Вертикально фрезерный
	4	Цекование 6 отверстий Ø18	Сверло спиральное (Т4) из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком короткая серия ГОСТ 4010-77	Вертикально фрезерный
	1) 2) 3)	Сверление 2 отверстий Ø8 Н7 (Ø7,75) Развертывание Ø7,9 Развертывание Ø8	Сверло спиральное (Т4) из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком короткая серия ГОСТ 4010-77	Вертикально фрезерный
020		Резьбонарезная		Резьбонарезной

Номер		Наименование и содержание операции	Инструмент	Станок
Операция	Переход			
	1	Нарезать резьбу М10	Метчик М10	

1.1.6 Расчёт режимов резания операций

Операция токарная 005 переход 1

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л , максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания t= 1 мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна s = 1 (мм/об).([7], стр364, табл11).

Скорость резания Урез м/мин

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} S^y} K_v$$

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем T = 60 мин. Материал режущей части - P6M5. Следовательно:

$$C_v = 328; y = 0,5; m = 0,28; x = 0,12. \quad ([7], \text{стр}367, \text{табл}17)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: K_{nv}= 1 (табл. 5), K_{иу} = 1 (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 1,2 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 1 = 0,84$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{328}{60^{0,28} 1^{0,12} 1^{0,5}} 1,15 = 104 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 325} = 101 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_0}{1020 \cdot 60}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot s \cdot V \cdot \phi \cdot K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания,

определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{ur} \cdot K_{lr} \cdot K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 423,27 \text{ Н.}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{423 \cdot 104}{1020 \cdot 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S} = \frac{42 \cdot 1}{147 \cdot 1} = 0,4 \text{ мин}$$

Операция токарная 005 переход 2

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 1$ мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна $s = 1$ (мм/об).([7], стр364, табл11)

Скорость резания Урез м/мин

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} s^y} K_v$$

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем T = 60 мин. Материал режущей части - P6M5. Следовательно:

$$C_v = 328; y = 0,5; m = 0,28; x = 0,12.([7], стр367, табл17)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: K_{nv} = 1 (табл. 5 [5]), K_{иу} = 1 (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 1,2 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 1 = 0,84$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{328}{60^{0,28} 1^{0,12} 1^{0,5}} 1,15 = 104 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 * 104}{3,14 * 325} = 101 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z * V_0}{1020 * 60}$$

$$P_z = 10 * C_p * t * s * V \phi * K_p$$

где C_p = 40 - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{ur} \cdot K_{lr} \cdot K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 423,27 \text{ Н.}$$

$$N_{рез} = \frac{423 * 104}{1020 * 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{(32 + 22,5 + 98 + 27,5 + 20) * 1}{101 * 1} = 2 \text{ мин}$$

Операция токарная 005 переход 3

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 0,1$ мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна $s = 0,12$ (мм/об). ([7], стр 364, табл 11)

Скорость резания $U_{рез}$ м/мин

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} S^y} K_v$$

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем $T = 60$ мин. Материал режущей

части - Р6М5. Следовательно:

$$CV = 328; y = 0,5; m = 0,28; x = 0,12. ([7], \text{стр} 367, \text{табл} 17)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [5]), $K_{iu} = 1$ (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 1,2 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 1 = 0,84$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{328}{60^{0,28} 0,1^{0,12} 0,12^{0,5}} 1,15 = 333,2 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 * 333,2}{3,14 * 325} = 326,34 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z * V_0}{1020 * 60}$$

$$P_z = 10 * C_p * t * s * V_f * K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{up} \cdot K_{lp} \cdot K_{gp},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{up} , K_{lp} , K_{gp} - коэффициенты, учитывающие влияние

параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{up} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15 .$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 423,27 \text{ Н.}$$

$$N_{рез} = \frac{423 * 104}{1020 * 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{32 * 1}{326,34 * 0,12} = 0,82 \text{ мин}$$

Операция токарная 005 переход 4

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 0,1$ мм, размерах державки резца 16 х 25 мм подачи будет равна $s = 0,12$ (мм/об). (табл 11 [7])

Скорость резания $V_{рез}$ м/мин

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

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем $T = 60$ мин. Материал режущей части - Р6М5. Следовательно:

$$C_v = 328; y = 0,5; m = 0,28; x = 0,12. ([7], \text{стр} 367, \text{табл} 17)$$

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{iv} * K_{tv} * K_{uv} * K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [7]), $K_{iu} = 1$ (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 1,2 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 1 = 0,84$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{328}{60^{0,28} 0,1^{0,12} 0,12^{0,5}} 1,15 = 333,2 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 333,2}{3,14 \cdot 325} = 326,34 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_0}{1020 \cdot 60}$$

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

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{ur} \cdot K_{lr} \cdot K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 423,27 \text{ Н.}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{423 \cdot 104}{1020 \cdot 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S} = \frac{32 \cdot 1}{326,34 \cdot 0,12} = 0,82 \text{ мин}$$

Операция токарная 005 переход 5

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 0,2$ мм, размерах державки резца 16 х 25 мм подачи будет равна $s = 0,12$ (мм/об). ([7], стр 364, табл 11)

Скорость резания V м/мин

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

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем $T = 60$ мин. Материал режущей части - Р6М5. Следовательно:

$$C_v = 328; y = 0,5; m = 0,28; x = 0,12. \text{ (табл 17 [7])}$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [7]), $K_{iu} = 1$ (по табл. 6). Теперь находим K_v

$$K_v = 1,2 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 1 = 0,84$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{328}{60^{0,28} 0,2^{0,12} 0,12^{0,5}} 1,15 = 306,6 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 * 306,6}{3,14 * 325} = 300,3 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z * V_0}{1020 * 60}$$

$$P_z = 10 * C_p * t * s * V \phi * K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_r - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_r = K_{mr} \cdot K_{ir} \cdot K_{ur} \cdot K_{lr} \cdot K_{gr},$$

где $K_{mr} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ir} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ir} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_r = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 423,27 \text{ Н.}$$

$$N_{рез} = \frac{423 * 104}{1020 * 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{32 * 1}{300,3 * 0,12} = 0,9 \text{ мин}$$

Операция токарная 005 переход 6

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 1$ мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна $s = 1$ (мм/об). (табл 11 [7])

Скорость резания $U_{рез}$ м/мин

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} S^y} K_v$$

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем $T = 60$ мин. Материал режущей части - Р6М5. Следовательно:

$$CV = 328; y = 0,12; m = 0,28; x = 0,12. (\text{табл. 7})$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5), $K_{iu} = 1$ (по табл. 6). Теперь находим K_v

$$K_v = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,84$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{328}{60^{0,28} 1^{0,12} 1^{0,12}} 0,84 = 87,5 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 87,5}{3,14 \cdot 325} = 85,7 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_0}{1020 \cdot 60}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot s \cdot V \cdot \phi \cdot K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{up} \cdot K_{lp} \cdot K_{gp},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{up} , K_{lp} , K_{gp} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{up} =$

1,15; $K_{лр} = 1$;

$K_{гр} = 1$

$K_p = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15$.

По формуле вычисляется сила резания:

$P_z = 423,27 \text{ Н}$.

$$N_{рез} = \frac{423 * 104}{1020 * 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{140 * 1}{85,7 * 1} = 1,63 \text{ мин}$$

Операция токарная 005 переход 7

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 0,1$ мм, размерах державки резца 16 х 25 мм подачи будет равна $s = 1$ (мм/об). (табл 11 [7])

Скорость резания $V_{рез}$ м/мин

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} S^x} K_v$$

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем $T = 60$ мин. Материал режущей части - Р6М5. Следовательно:

$C_v = 328$; $y = 0,12$; $m = 0,28$; $x = 0,12$. ([7], стр 367, табл 17)

$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{iv} * K_{tv} * K_{uv} * K_{rv}$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [5]), $K_{иу} = 1$ (по табл. 6). Теперь находим K_v

$K_v = 1,2 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 1 = 0,84$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{328}{60^{0,28} 0,1^{0,12} 1^{0,12}} 0,84 = 115,42 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 115,42}{3,14 \cdot 325} = 113 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_0}{1020 \cdot 60}$$

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

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{ur} \cdot K_{lr} \cdot K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 423,27 \text{ Н.}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{423 \cdot 104}{1020 \cdot 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S} = \frac{140 \cdot 1}{113 \cdot 1} = 1,24 \text{ мин}$$

Операция токарная 005 переходы 8 и 9 идентичны переходу 7

Расчет режимов резания для подрезки торца

Операция токарная 010 переход 1

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л , максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 0,5$ мм, размерах державки резца 16 х 25 мм подачи будет равна $s = 1$ (мм/об). (табл.11 [7])

Скорость резания Урез м/мин

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} s^y} K_v$$

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем T = 60 мин. Материал режущей части - P6M5. Следовательно:

$$C_v = 328; y = 0,12; m = 0,28; x = 0,12. \text{ (табл.17 [7])}$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [5]), $K_{iu} = 1$ (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 1,2 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 1 = 0,84$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{328}{60^{0,28} 0,5^{0,12} 1^{0,12}} 0,84 = 95,15 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 * 95,15}{3,14 * 140} = 216,34 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z * V_0}{1020 * 60}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot s \cdot V_f \cdot K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{ur} \cdot K_{lr} \cdot K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 423,27 \text{ Н.}$$

$$N_{рез} = \frac{423 \cdot 104}{1020 \cdot 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L \cdot i}{n_d \cdot S} = \frac{5 \cdot 1}{216,34 \cdot 1} = 0,02 \text{ мин}$$

Операция токарная 010 переход 2

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 1$ мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна $s = 1$ (мм/об). (табл.11 [7])

Скорость резания $U_{рез}$ м/мин

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} x S^y} K_v$$

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в

диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем $T = 60$ мин. Материал режущей части - Р6М5. Следовательно:

$$CV = 328; y = 0,12; m = 0,28; x = 0,12. \text{ (табл 17 [7])}$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [5]), $K_{iu} = 1$ (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,84$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{328}{60^{0,28} 1^{0,12} 1^{0,12}} 0,84 = 87,5 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 87,5}{3,14 \cdot 140} = 198,9 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_0}{1020 \cdot 60}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot s \cdot V_f \cdot K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{up} \cdot K_{lr} \cdot K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

Кир, Кур, Клр, Кгр - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ир} = 1$; $K_{ур} = 1,15$; $K_{лр} = 1$;

$$K_{гр} = 1$$

$$K_p = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15 .$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 423,27 \text{ Н.}$$

$$N_{рез} = \frac{423 * 104}{1020 * 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{(5+8+20+5+8+187+51,5) * 1}{198,9 * 1} = 1,43 \text{ мин}$$

Операция токарная 010 переход 3

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 0,1$ мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна $s = 0,12$ (мм/об) (табл.11 [7])

Скорость резания $V_{рез}$ м/мин

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

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем $T = 60$ мин. Материал режущей части - Р6М5. Следовательно:

$$C_v = 328; y = 0,12; m = 0,28; x = 0,12. ([7], \text{стр} 367, \text{табл} 17)$$

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{iv} * K_{tv} * K_{uv} * K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [5]), $K_{иу} = 1$ (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 1,2 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 1 = 0,84$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{328}{60^{0,28} 0,1^{0,12} 0,12^{0,12}} * 0,84 = 148,8 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 * 148,8}{3,14 * 140} = 338,32 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z * V_0}{1020 * 60}$$

$$P_z = 10 * C_p * t * s * V_f * K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} * K_{ip} * K_{ur} * K_{lr} * K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 423,27 \text{ Н.}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{423 * 104}{1020 * 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{8 * 1}{338,32 * 0,12} = 0,2 \text{ мин}$$

Операция токарная 010 переходы 4и 5 идентичны переходу 3

Расчет режимов резания для сверления

Операция токарная 015 переход 1

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л , максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания t= 7,75 мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна s=0,11 (мм/об), (табл.11 [7])

Скорость резания Урез м/мин

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

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем T = 25 мин. Материал режущей части - P6M5. Следовательно:

$$C_v = 7; y = 0,7; m = 0,2; x = 0,4. ([7], \text{стр}367, \text{табл}17)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: K_{nv}= 1 (табл. 5 [5]), K_{иу} = 1 (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 0,67$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{7}{25^{0,2} 7,75^{0,4} 0,11^{0,7}} 0,67 = 5,1 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 * 5,1}{3,14 * 7,75} = 209,5 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z * V_0}{1020 * 60}$$

$$P_z = 10 * C_p * t * s * V_f * K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле [9]:

$$K_p = K_{mp} * K_{ip} * K_{ur} * K_{lr} * K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 2000 \text{ Н.}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{2000 * 5,1}{1020 * 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{40 * 1}{209,5 * 0,11} = 1,7 \text{ мин}$$

Операция токарная 015 переход 1.2

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 0,1$ мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна $s = 0,8$ (мм/об) (табл.11 [7])

Скорость резания $U_{\text{рез}}$ м/мин

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

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем T = 25 мин. Материал режущей части - P6M5. Следовательно:

$$C_v = 7; y = 0,7; m = 0,2; x = 0,4. ([7], \text{стр} 367, \text{табл} 17)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: K_{nv} = 1 (табл. 5 [5]), K_{иу} = 1 (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 0,67$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{7}{25^{0,2} 0,1^{0,4} 0,8^{0,7}} 0,67 = 7,3 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 7,3}{3,14 \cdot 7,9} = 294,1 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_0}{1020 \cdot 60}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot s \cdot V \cdot \phi \cdot K_p$$

где C_p = 40 - постоянный коэффициент,

x = 1 - показатель степени при глубине резания,

y = 0,75 - показатель степени при подаче,

n = 0 - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{up} \cdot K_{lp} \cdot K_{gp},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ir} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ir} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 2000 \text{ Н.}$$

$$N_{рез} = \frac{2000 * 5,1}{1020 * 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{40 * 1}{294,1 * 0,8} = 0,2 \text{ мин}$$

Операция токарная 015 переход 1.3

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 0,05$ мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна $s = 0,8$ (мм/об), (табл.11 [7])

Скорость резания $V_{рез}$ м/мин

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

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем $T = 25$ мин. Материал режущей части - Р6М5. Следовательно:

$$C_v = 7; y = 0,7; m = 0,2; x = 0,4. ([7], \text{стр} 367, \text{табл} 17)$$

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{iv} * K_{tv} * K_{uv} * K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [5]), $K_{IU} = 1$ (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 0,67$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{7}{25^{0,2} 0,05^{0,4} 0,8^{0,7}} 0,67 = 9,5 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 9,5}{3,14 \cdot 8} = 378 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_0}{1020 \cdot 60}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot s \cdot V_f \cdot K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{ur} \cdot K_{lr} \cdot K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 2000 \text{ Н.}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{2000 \cdot 5,1}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{40 * 1}{378 * 0,8} = 0,13 \text{ мин}$$

Операция токарная 015 переход 2

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 8,5$ мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна $s = 0,11$ (мм/об), (табл.11 [7])

Скорость резания Урез м/мин

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

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем T = 25 мин. Материал режущей части - P6M5. Следовательно:

$$C_v = 7; y = 0,7; m = 0,2; x = 0,4. ([7], \text{стр} 367, \text{табл} 17)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [5]), $K_{iu} = 1$ (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 0,67$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{7}{25^{0,2} 8,5^{0,4} 0,11^{0,7}} 0,67 = 4,9 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 * 4,9}{3,14 * 8,5} = 183,5 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z * V_0}{1020 * 60}$$

$$P_z = 10 * C_p * t * s * V_f * K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} * K_{ip} * K_{up} * K_{lr} * K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{up} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{up} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 2000 \text{ Н.}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{2000 * 5,1}{1020 * 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{24 * 1}{183,5 * 0,11} = 1,2 \text{ мин}$$

Операция токарная 015 переход 3

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 11$ мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна $s = 0,11$ (мм/об), (табл.11 [7])

Скорость резания $U_{\text{рез}}$ м/мин

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

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем T = 25 мин. Материал режущей части - P6M5. Следовательно:

$$C_v = 7; y = 0,7; m = 0,2; x = 0,4. ([7], \text{стр} 367, \text{табл} 17)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: K_{nv} = 1 (табл. 5 [5]), K_{иу} = 1 (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 0,67$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{7}{25^{0,2} 11^{0,4} 0,11^{0,7}} 0,67 = 4,43 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 4,43}{3,14 \cdot 11} = 128,2 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_0}{1020 \cdot 60}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot s \cdot V \cdot \phi \cdot K_p$$

где C_p = 40 - постоянный коэффициент,

x = 1 - показатель степени при глубине резания,

y = 0,75 - показатель степени при подаче,

n = 0 - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{up} \cdot K_{lp} \cdot K_{gp},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ir} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ir} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 2000 \text{ Н.}$$

$$N_{рез} = \frac{2000 * 5,1}{1020 * 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{12 * 1}{128,2 * 0,11} = 0,85 \text{ мин}$$

Операция токарная 015 переход 4

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 7$ мм, размерах державки резца 16 х 25 мм подачи будет равна $s = 0,11$ (мм/об), (табл.11 [7]).

Скорость резания $V_{рез}$ м/мин

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} S^y} K_v$$

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем $T = 25$ мин. Материал режущей части - Р6М5. Следовательно:

$$C_v = 7; y = 0,7; m = 0,2; x = 0,4. ([7], \text{стр} 367, \text{табл} 17)$$

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{iv} * K_{tv} * K_{uv} * K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [5]), $K_{IU} = 1$ (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 0,67$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{7}{25^{0,2} 7^{0,4} 0,11^{0,7}} 0,67 = 5,3 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 5,3}{3,14 \cdot 18} = 93,7 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_0}{1020 \cdot 60}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot s \cdot V_f \cdot K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ir} \cdot K_{ur} \cdot K_{lr} \cdot K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ir} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ir} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 2000 \text{ Н.}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{2000 \cdot 5,1}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{2 * 1}{93,7 * 0,11} = 0,2 \text{ мин}$$

Операция токарная 015 переход 5

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 7,75$ мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна $s = 0,11$ (мм/об), (табл.11 [7]).

Скорость резания Урез м/мин

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

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем T = 25 мин. Материал режущей части - P6M5. Следовательно:

$$C_v = 7; y = 0,7; m = 0,2; x = 0,4. ([7], \text{стр} 367, \text{табл} 17)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [5]), $K_{iu} = 1$ (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 0,67$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{7}{25^{0,2} 7,75^{0,4} 0,11^{0,7}} 0,67 = 5,1 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 * 5,1}{3,14 * 7,75} = 209,5 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z * V_0}{1020 * 60}$$

$$P_z = 10 * C_p * t * s * V_f * K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} * K_{ip} * K_{up} * K_{lr} * K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{up} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{up} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 2000 \text{ Н.}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{2000 * 5,1}{1020 * 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{12 * 1}{209,5 * 0,11} = 0,52 \text{ мин}$$

Операция токарная 015 переход 5.2

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 0,1$ мм, размерах державки резца 16 x 25 мм подачи будет равна $s = 0,8$ (мм/об), (табл.11 [7]).

Скорость резания $U_{\text{рез}}$ м/мин

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v$$

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем T = 25 мин. Материал режущей части - P6M5. Следовательно:

$$C_v = 7; y = 0,7; m = 0,2; x = 0,4. ([7], \text{стр} 367, \text{табл} 17)$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{tv} \cdot K_{uv} \cdot K_{rv}$$

K_{Mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: K_{nv} = 1 (табл. 5 [5]), K_{иу} = 1 (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 0,67$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{7}{25^{0,2} 0,1^{0,4} 0,8^{0,7}} 0,67 = 7,3 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 7,3}{3,14 \cdot 7,9} = 294,1 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_0}{1020 \cdot 60}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot s \cdot V \cdot \phi \cdot K_p$$

где C_p = 40 - постоянный коэффициент,

x = 1 - показатель степени при глубине резания,

y = 0,75 - показатель степени при подаче,

n = 0 - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{up} \cdot K_{lp} \cdot K_{gp},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ir} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ir} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 2000 \text{ Н.}$$

$$N_{рез} = \frac{2000 * 5,1}{1020 * 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{12 * 1}{294,1 * 0,8} = 0,05 \text{ мин}$$

Операция токарная 015 переход 5.3

Подача S мм/об

Для Сталь 30Л, максимальном диаметре детали 325 мм, при глубине резания $t = 0,05$ мм, размерах державки резца 16 х 25 мм подачи будет равна $s = 0,8$ (мм/об), (табл.11 [7]).

Скорость резания $V_{рез}$ м/мин

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} S^y} K_v$$

T [мин] - период стойкости режущего инструмента. T находится в диапазоне от 30 до 60 минут. Принимаем $T = 25$ мин. Материал режущей части - Р6М5. Следовательно:

$$C_v = 7; y = 0,7; m = 0,2; x = 0,4. ([7], \text{стр} 367, \text{табл} 17)$$

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{iv} * K_{tv} * K_{uv} * K_{rv}$$

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала,

K_{nv} - коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки,

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Поверхность с коркой, следовательно: $K_{nv} = 1$ (табл. 5 [5]), $K_{IU} = 1$ (по табл.6). Теперь находим K_v

$$K_v = 0,67$$

Теперь найдем скорость резания:

$$V = \frac{7}{25^{0,2} 0,05^{0,4} 0,8^{0,7}} 0,67 = 9,5 \text{ м/мин}$$

Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 9,5}{3,14 \cdot 8} = 378 \text{ об/мин.}$$

Мощность резания

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_0}{1020 \cdot 60}$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot s \cdot V_f \cdot K_p$$

где $C_p = 40$ - постоянный коэффициент,

$x = 1$ - показатель степени при глубине резания,

$y = 0,75$ - показатель степени при подаче,

$n = 0$ - показатель степени при скорости резания,

K_p - поправочный коэффициент, учитывающий условия резания, определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{ip} \cdot K_{ur} \cdot K_{lr} \cdot K_{gr},$$

где $K_{mp} = 1$ - коэффициент, учитывающий влияние материала детали на силовые зависимости,

K_{ip} , K_{ur} , K_{lr} , K_{gr} - коэффициенты, учитывающие влияние параметров режущей части инструмента на силу резания, $K_{ip} = 1$; $K_{ur} = 1,15$; $K_{lr} = 1$;

$$K_{gr} = 1$$

$$K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1 = 1,15.$$

По формуле вычисляется сила резания:

$$P_z = 2000 \text{ Н.}$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{2000 \cdot 5,1}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Машинное время

$$T_m = \frac{L * i}{n_d * S} = \frac{12 * 1}{378 * 0,8} = 0,04 \text{мин}$$

1.1.7 Расчёт штучного времени операций

Норма штучного времени на операцию

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{пз}/N$$

где T_o — технологическое (основное) время, мин;

T_v - вспомогательное время, мин;

$T_{пз}$ - подготовительно-заключительное время, мин;

N - партия.

$$T_{пз}/N = 30/167 = 0,18 \text{ мин}$$

Операция 005

T_o берем из предыдущих расчетов

$$T_o = 0,4 + 2 + 0,82 + 0,82 + 0,9 + 1,63 + 1,24 + 1,24 + 1,24 = 9,47 \text{ мин}$$

$$T_v = 5 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 9,47 + 5 + 0,18 = 14,65 \text{ мин}$$

Операция 010

$$T_o = 0,02 + 1,43 + 0,2 + 0,2 + 0,2 = 2,05 \text{ мин}$$

$$T_v = 4,33 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 2,05 + 4,33 + 0,18 = 6,56 \text{ мин}$$

Операция 015

$$T_o = 0,3 \text{ мин}$$

$$T_v = 2,5 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 2 * 1,7 + 2 * 0,2 + 2 * 0,13 + 12 * 1,2 + 6 * 0,85 + 6 * 0,2 + 2 * 0,52 + 2 * 0,05 + 2 * 0,04 = 25,98 \text{ мин}$$

Норма штучного времени

$$T_{шт} = 9,47 + 6,56 + 25,98 = 42,01 \text{ мин}$$

1.1.8 Выбор автоматизированного приспособления для закрепления детали или инструмента

Технологическая оснастка является важнейшим фактором успешного осуществления технического прогресса в машиностроении. В промышленности эксплуатируется более 25 миллионов специальных станочных приспособлений. Задача повышения эффективности и качества технологической оснастки стала одной из важнейших народнохозяйственных проблем [1].

Технологическая оснастка способствует повышению производительности труда в машиностроении и ориентирует производство на интенсивные методы его ведения. На предприятиях машиностроения до 90% организационно-технологических мероприятий, направленных на обеспечение роста производительности труда рабочих-станочников, связано либо с изменением конструкций, либо с изготовлением новых видов инструментов и приспособлений.

Конструкции всех станочных приспособлений основываются на использовании типовых элементов, которые можно разделить на следующие группы:

- Установочные элементы, определяющие положение детали в приспособлении;

- Зажимные элементы-устройства и механизмы для крепления деталей;

- Элементы для направления режущего инструмента и контроля его положения;

- Силовые устройства для приведения в действие зажимных элементов;

- Корпуса приспособлений, на которых крепят все остальные элементы;

- Вспомогательные элементы.

В нашем случае используется инерционный патрон с эксцентриковыми кулачками, предназначенный для передачи крутящего

момента заготовкам типа валов, устанавливаемых в центрах.

Эксцентриковые кулачки 3 зафиксированы на осях 7 посредством штифтов и закреплены через шайбы 8 винтами 9. Оси запрессованы в корпус 5 и закреплены винтами. Рычаги 1 установлены на осях между корпусом и диском 6. К рычагам винтами 2 крепятся грузы. В рычагах по окружности выполнены пять отверстий под штифт 14, запрессованный в кулачок, что обеспечивает возможность установки кулачков в различных угловых положениях при наладке кулачков на различные диаметры.

Патроны двух типоразмеров позволяют обрабатывать заготовки диаметром 8 -100 мм. К штырям 12, установленным на рычаге и в корпусе, прикреплены пружины 13, которые разводят кулачки в исходное положение по окончании обработки заготовки.

На корпусе закреплен переходный фланец 4 с отверстием, соответствующим наружному посадочному размеру шпинделя станка. Патрон закреплен на шпинделе станка шпильками 10 и гайками 11. После включения станка под действием центробежной силы грузы расходятся, и кулачки касаются заготовки. Под действием силы резания кулачки закрепляют заготовку [8].

1.2 Разработка управляющей программы в ISO-7bit

Разработка управляющей программы в ISO-7bit [3].

Координаты точек

Операция токарная 005 переход 1

1) $X=0$ $Z=0$;

$X=-85,9$ $Z=-50$;

$X=131,5$ $Z=-50$;

Операция токарная 005 переход 2

2) $X=0$ $Z=0$;

$X=-87,2$ $Z=80$;

$X=73$ $Z=80$;

$X=73$ $Z=82$;

$R12$ $R12$;

$X=65$ $Z=93,5$;

$X=65$ $Z=180$;

$X=37,5$ $Z=180$;

$X=37,5$ $Z=200$;

Операция токарная 005 переход 3

3) $X=0$ $Z=0$;

$X=-87,3$ $Z=-50$;

$X=-87,3$ $Z=-80$;

Операция токарная 005 переход 4

4) $X=0$ $Z=0$;

$X=-87,4$ $Z=-50$;

$X=-87,4$ $Z=-80$;

Операция токарная 005 переход 5

5) $X=0$ $Z=0$;

$X=-87,5$ $Z=-50$;

$X=-87,5 \quad Z=-80;$

Операция токарная 005 переход 6

6) $X=0 \quad Z=0;$

$X=-130,3 \quad Z=-50;$

$X=-130,3 \quad Z=-90;$

Операция токарная 005 переход 7

7) $X=0 \quad Z=0;$

$X=-130,2 \quad Z=-50;$

$X=-130,2 \quad Z=-90;$

Операция токарная 005 переход 8

8) $X=0 \quad Z=0;$

$X=130,1 \quad Z=-50;$

$X=-130,1 \quad Z=-90;$

Операция токарная 005 переход 9

9) $X=0 \quad Z=0;$

$X=130 \quad Z=-50;$

$X=-130 \quad Z=-90;$

Операция токарная 010 переход 1

1) $X=0 \quad Z=0;$

$X=-35,5 \quad Z=-50;$

$X=44 \quad Z=-50;$

Операция токарная 010 переход 2

2) $X=0 \quad Z=0;$

$X=42,8 \quad Z=-50;$

$X=-42,8 \quad Z=-58;$

$X=-62,5 \quad Z=-58;$

$X=-62,5 \quad Z=-63;$

$X=-73 \quad Z=-63;$

$X=-73 \quad Z=160;$

$X=0 \quad Z=0;$

Операция токарная 010 переход 3

3) $X=0$ $Z=0$;

$X=42,7$ $Z=-50$;

$X=42,7$ $Z=-58$;

Операция токарная 010 переход 4

4) $X=0$ $Z=0$;

$X=42,6$ $Z=-50$;

$X=42,6$ $Z=-58$;

Операция токарная 010 переход 5

5) $X=0$ $Z=0$;

$X=-42,5$ $Z=50$;

$X=-42,5$ $Z=-58$;

Операция сверлильная 015 переход 1

1) $X=0$ $Y=0$ $Z=0$;

$X=10$ $Y=0$ $Z=0$;

$X=50$ $Y=0$ $Z=0$;

$X=10$ $Y=0$ $Z=0$;

$X=10$ $Y=73,75$ $Z=127,74$;

$X=50$ $Y=73,75$ $Z=127,74$;

$X=10$ $Y=73,75$ $Z=127,74$;

$X=10$ $Y=-158,35$ $Z=127,74$;

$X=50$ $Y=-158,35$ $Z=127,74$;

$X=10$ $Y=-158,35$ $Z=127,74$;

Операция сверлильная 015 переход 2

2) $X=0$ $Y=0$ $Z=0$;

$X=10$ $Y=0$ $Z=0$;

$X=34$ $Y=0$ $Z=0$;

$X=10$ $Y=0$ $Z=0$;

X=10 Y=0 Z=102,5;

X=34 Y=0 Z=102,5;

X=10 Y=0 Z=102,5;

X=10 Y=40 Z=69,28;

X=34 Y=40 Z=69,28;

X=10 Y=40 Z=69,28;

X=10 Y=88,77 Z=51,25;

X=34 Y=88,77 Z=51,25;

X=10 Y=88,77 Z=51,25;

X=10 Y=80 Z=0;

X=34 Y=80 Z=0;

X=10 Y=80 Z=0;

X=10 Y=88,77 Z=-51,25;

X=34 Y=88,77 Z=-51,25;

X=10 Y=88,77 Z=-51,25;

X=10 Y=40 Z=-69,28;

X=34 Y=40 Z=-69,28;

X=10 Y=40 Z=-69,28;

X=10 Y=0 Z=102,5;

X=34 Y=0 Z=102,5;

X=10 Y=0 Z=102,5;

X=10 Y=-40 Z=-69,28;

X=34 Y=-40 Z=-69,28;

X=10 Y=-40 Z=-69,28;

X=10 Y=-88,77 Z=-51,25;

X=34 Y=-88,77 Z=-51,25;

X=10 Y=-88,77 Z=-51,25;

X=10 Y=-80 Z=0;

X=34 Y=-80 Z=0;

X=10 Y=-80 Z=0;

X=10 Y=-88,77 Z=51,25;

X=34 Y=-88,77 Z=51,25;

X=10 Y=-88,77 Z=51,25;

X=10 Y=-40 Z=69,28;

X=34 Y=-40 Z=69,28;

X=10 Y=-40 Z=69,28;

Операция сверлильная 015 переход 3

3) X=0 Y=0 Z=0;

X=130 Y=0 Z=0;

X=140 Y=0 Z=0;

X=130 Y=0 Z=0;

X=130 Y=0 Z=146,88;

X=140 Y=0 Z=146,88;

X=130 Y=0 Z=146,88;

X=130 Y=127,74 Z=73,75;

X=140 Y=127,74 Z=73,75;

X=130 Y=127,74 Z=73,75;

X=130 Y=127,74 Z=-73,75;

X=140 Y=127,74 Z=-73,75;

X=130 Y=127,74 Z=-73,75;

X=130 Y=0 Z=-146,88;

X=140 Y=0 Z=-146,88;

X=130 Y=0 Z=-146,88;

X=130 Y=-127,74 Z=-73,75;

X=140 Y=-127,74 Z=-73,75;

X=130 Y=-127,74 Z=-73,75;

X=130 Y=-127,74 Z=73,75;

X=140 Y=-127,74 Z=73,75;

X=130 Y=-127,74 Z=73,75;

Операция сверлильная 015 переход 4

4) X=0 Y=0 Z=0;

X=130 Y=0 Z=0;

X=132 Y=0 Z=0;

X=130 Y=0 Z=0;

X=130 Y=0 Z=146,88;

X=132 Y=0 Z=146,88;

X=130 Y=0 Z=146,88;

X=130 Y=127,74 Z=73,75;

X=132 Y=127,74 Z=73,75;

X=130 Y=127,74 Z=73,75;

X=130 Y=127,74 Z=-73,75;

X=132 Y=127,74 Z=-73,75;

X=130 Y=127,74 Z=-73,75;

X=130 Y=0 Z=-146,88;

X=132 Y=0 Z=-146,88;

X=130 Y=0 Z=-146,88;

X=130 Y=-127,74 Z=-73,75;

X=132 Y=-127,74 Z=-73,75;

X=130 Y=-127,74 Z=-73,75;

X=130 Y=-127,74 Z=73,75;

X=132 Y=-127,74 Z=73,75;

X=130 Y=-127,74 Z=73,75;

Операция сверлильная 015 переход 5

5) X=0 Y=0 Z=0;

X=130 Y=0 Z=0;

X=142 Y=0 Z=0;

X=130 Y=0 Z=0;

X=130 Y=-51,25 Z=88,77;

X=142 Y=-51,25 Z=88,77;

X=130 Y=-51,25 Z=88,77;

X=130 Y=102,5 Z=-177,54;

X=142 Y=102,5 Z=-177,54;

X=130 Y=102,5 Z=-177,54;

Операция резьбонарезная 020

X=0 Y=0 Z=0;

X=10 Y=0 Z=0;

X=32 Y=0 Z=0;

X=10 Y=0 Z=0;

X=10 Y=0 Z=102,5;

X=32 Y=0 Z=102,5;

X=10 Y=0 Z=102,5;

X=10 Y=40 Z=69,28;

X=32 Y=40 Z=69,28;

X=10 Y=40 Z=69,28;

X=10 Y=88,77 Z=51,25;

X=32 Y=88,77 Z=51,25;

X=10 Y=88,77 Z=51,25;

X=10 Y=80 Z=0;

X=32 Y=80 Z=0;

X=10 Y=80 Z=0;

X=10 Y=88,77 Z=-51,25;

X=32 Y=88,77 Z=-51,25;

X=10 Y=88,77 Z=-51,25;

X=10 Y=40 Z=-69,28;

X=32 Y=40 Z=-69,28;

X=10 Y=40 Z=-69,28;

X=10	Y=0	Z=102,5;
X=32	Y=0	Z=102,5;
X=10	Y=0	Z=102,5;

X=10	Y=-40	Z=-69,28;
X=32	Y=-40	Z=-69,28;
X=10	Y=-40	Z=-69,28;

X=10	Y=-88,77	Z=-51,25;
X=32	Y=-88,77	Z=-51,25;
X=10	Y=-88,77	Z=-51,25;

X=10	Y=-80	Z=0;
X=32	Y=-80	Z=0;
X=10	Y=-80	Z=0;

X=10	Y=-88,77	Z=51,25;
X=34	Y=-88,77	Z=51,25;
X=10	Y=-88,77	Z=51,25;

X=10	Y=-40	Z=69,28;
X=34	Y=-40	Z=69,28;
X=10	Y=-40	Z=69,28;

Выводы

В технологическом разделе была рассмотрена Разработка технологии изготовления детали типа «Крышка корпуса правая», была произведена технологическая постановка задачи - годовая программа выпуска деталей 2000 шт. в год, тип производства — среднесерийное. Требования к качеству поверхностей не высоки, поэтому деталь не требует специальных методов обработки. Обработку всех поверхностей можно выполнить на токарном станке с ЧПУ. Заготовка – отливка. Точность отливки 7—6—8—7 см 0,56 ГОСТ26645-85. Техпроцесс состоит из 4 операций: токарных, сверлильной и резьбонарезной. Обработка операции выполняется на станке ИР500ПМФ4. Время на изготовление детали составляет 42 мин.

2 Конструкторский раздел

2.1 Принцип работы ИР500ПМФ4

ИР-500 многооперационный горизонтальный обрабатывающий центр - сверлильно-фрезерно-расточной станок с числовым программным управлением (ЧПУ), автоматической сменой инструмента (АСИ) и сменой обрабатываемых деталей предназначен для высокопроизводительной обработки корпусных деталей массой до 700 кг из конструкционных материалов от легких сплавов до высокопрочных сталей [8].

Широкий диапазон частоты вращения шпинделя и скоростей подачи позволяет производить сверление, зенкерование, развертывание, растачивание точных отверстий, связанных координатами, фрезерование по контуру с линейной и круговой интерполяцией, нарезание резьбы метчиками. Наличие поворотного стола, устанавливаемого с высокой точностью (± 5 с через 5°), расширяет технологические возможности станка, позволяет обрабатывать соосные отверстия консольным инструментом. Повышенная степень точности станка (класс II) обеспечивает обработку отверстий по 7, 8 квалитетам точности с шероховатостью поверхности Ra 2,5 мкм. Высокая степень автоматизации вспомогательных функций станка включает автоматическую смену инструмента и обрабатываемых деталей, позволяет встраивать его в автоматическую линию с управлением от ЭВМ.

Все узлы станка смонтированы на жесткой Т-образной станине, которая является общим основанием. Лобовая бесконсольная шпиндельная бабка расположена внутри портальной стойки. Устройство автоматической смены инструмента с инструментальным магазином барабанного типа монтируется на верхнем торце стойки. Все базовые детали имеют обребренную конструкцию и обеспечивают максимальную жесткость и виброустойчивость при высокопроизводительной обработке, гарантируют

длительное сохранение точности.

Жесткий шпиндель с диаметром под передним подшипником 105 мм и конусом № 50 изготовлен из цементированной стали с высокой поверхностной твердостью (HRC 62). Шпиндель монтируется в отдельном корпусе на прецизионных роликовых и упорно-радиальном шариковом подшипниках, что обеспечивает оптимальную точность, жесткость и виброустойчивость [9].

Гидромеханическое устройство зажима инструмента в шпинделе гарантирует надежность и быстродействие крепления режущего инструмента с усилием 1250 кг.

Привод шпинделя станка осуществляется двухступенчатой коробкой скоростей от электродвигателя постоянного тока мощностью 14 кВт. В диапазоне 21 — 174 об/мин на шпинделе обеспечивается постоянный момент, а в диапазоне 182...3000 об/мин — постоянная мощность.

Автоматическая ориентация шпинделя с управлением от ЧПУ и механической фиксацией расширяет технологические возможности станка, позволяет производить целую серию технологических циклов, в которых необходимо отвести резец от рабочей поверхности, не повреждая изделие.

Перемещение подвижных узлов по осям X, Y, Z осуществляется от высокомоментных электродвигателей с постоянными магнитами, которые через упругие муфты высокой жесткости непосредственно соединены с прецизионными шариковыми винтовыми парами, обладающими нагрузочной способностью, жесткостью и долговечностью [10].

Силовое удержание узлов при резании осуществляется следящим приводом, что исключает необходимость применения зажимных устройств. Совершенные электроприводы подач обеспечивают постоянное (до 0,2 с) время разгона и торможения, а, следовательно, и минимальное время обработки запрограммированных перемещений. Позиционирование осуществляется одновременно по трем координатным осям X, Y, Z.

В подвижных узлах станка применена система комбинированных

направляющих, состоящих из прецизионных роликовых опор качения, установленных с предварительным натягом, и антифрикционного полимерного материала, обладающего низким коэффициентом трения и высокой демпфирующей способностью, что гарантирует высокую точность позиционирования, устойчивость станка при резании на максимальных режимах обработки. Направляющие изготовлены из высококачественной закаленной стали и отшлифованы с высокой точностью и чистотой поверхности [11].

Телескопическая защита, установленная на всех координатных перемещениях, надежно защищает направляющие и шариковые винтовые пары от попадания стружки и смазочно-охлаждающей жидкости и обеспечивает длительное сохранение точности станка. Непосредственно шариковые винты и накладные направляющие снабжены специальными средствами для защиты их от попадания стружки и грязи.

Встроенный поворотный индексируемый стол перемещается по отдельной станине, которая крепится на общем основании (станине станка). Поворотный стол имеет 72 позиции через 5°. Установка стола происходит в автоматическом режиме. Применение в качестве индексирующего элемента специальной муфты с торцовыми зубьями в сочетании с гидравлическим устройством зажима стола гарантирует точность поворота и надежность фиксации. Для установки и крепления деталей на поверхности плиты-спутника имеется сетка для резьбовых отверстий.

Устройство автоматической смены инструментов, расположенное вне рабочей зоны, состоит из вращающегося инструментального магазина барабанного типа с кодированными гнездами емкостью на 30 инструментов и манипулятора. Выбор инструмента в любой последовательности с последующей гидромеханической фиксацией инструментального магазина осуществляется во время механической обработки [6].

Цикл смены инструмента происходит в следующем порядке:

Магазин поворачивается для поиска инструмента. Манипулятор

делает движение вверх, захватывает инструмент за оправку и, выдвигаясь вдоль оси, вытаскивает оправку из гнезда, затем перемещается вниз и назад вдоль оси. Шпиндельная бабка движется вверх в позицию смены инструмента, автооператор в конце хода захватывает отработавший инструмент. Происходит смена инструмента, для этого оператор совершает ход вперед, поворот на 180° , ход назад. Шпиндельная бабка опускается в рабочую позицию, а автооператор переносит отработавший инструмент в свое гнездо магазина. Автооператор опускается, чтобы не мешать повороту магазина при поиске следующего инструмента. Так как основная часть перечисленных действий происходит во время обработки, то непосредственно на смену инструмента в шпинделе затрачивается 6 с.

Магазин получает вращение от высокомоментного электродвигателя М4 ($N=2,8$ кВт, $n = 1500$ мин-1) с возбуждением от постоянных магнитов через зубчатую пару. Номера гнезд магазина закодированы; в корпусе магазина установлены упоры, воздействующие на конечные выключатели, осуществляющие отсчет поворота при поиске необходимого гнезда [12].

Двухзахватный автооператор имеет механизмы поворота, вертикального перемещения и выдвижения, работающие от гидросистемы станка (соответствующие гидроцилиндры на схеме не показаны). Поворот происходит от реечной передачи $m=3$ мм. Контроль крайних положений сборочных единиц и управление циклом автоматической смены инструментов осуществляется бесконтактными конечными выключателями.

Устройство смены стола-спутника. Автоматическая смена плит-спутников обеспечивает работу станков в автоматическом режиме, исключая из технологического цикла обработки время на установку и снятие деталей.

Накопитель столов-спутников. Отдельно стоящее гидромеханическое поворотное (на 180°) устройство, установленное у станка справа, служит для загрузки-разгрузки, ориентации и фиксации плиты-спутника на поворотном столе станка.

Работа гидравлических механизмов на станке обеспечивается аксиально-поршневым насосом переменной производительности с автоматическим регулированием расхода масла ($Q_{\max}=46$ л/мин, $P_{\max} = 60$ кг/см²), что гарантирует быстроедействие исполнительных органов (автоматической смены инструментов) и уменьшает нагрев рабочей жидкости [10].

Управление гидроцилиндрами всех рабочих органов вспомогательных движений производится при помощи блочной гидроаппаратуры.

В гидросистеме станка встроен гидроаккумулятор с эластичным мешком, что обеспечивает уравнивание шпиндельной бабки. Масло гидросистемы охлаждается в теплообменнике с воздушным охлаждением.

Пневмосистема станка предназначена для обдува воздухом конусов, шпинделя и инструмента, базовых платиков поворотного стола и базовых поверхностей столов-спутников при их автоматической смене. Работа пневмосистемы осуществляется автоматически с управлением от системы ЧПУ переключением воздухораспределителей.

Смазка всех трущихся деталей станка и подшипников шпинделя — автоматическая централизованная дозированная от отдельной установки; шестерен и подшипников главного привода — непрерывная циркуляционная от отдельного насоса, расположенного в гидростанции.

В станке предусмотрены подача жидкой и распыленной смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания и сток в отдельно стоящий бак по сигналу с ЧПУ. Зона резания имеет ограждение для защиты оператора и окружающей среды от разбрызгивания эмульсии [13].

Устройство автоматической уборки стружки исключает затраты рабочего времени на уборку стружки вручную и облегчает условия труда рабочего-станочника.

Общий вид сверлильно-фрезерно-расточного станка модели ИР500ПМФ4 приведен на рис. 2.1.

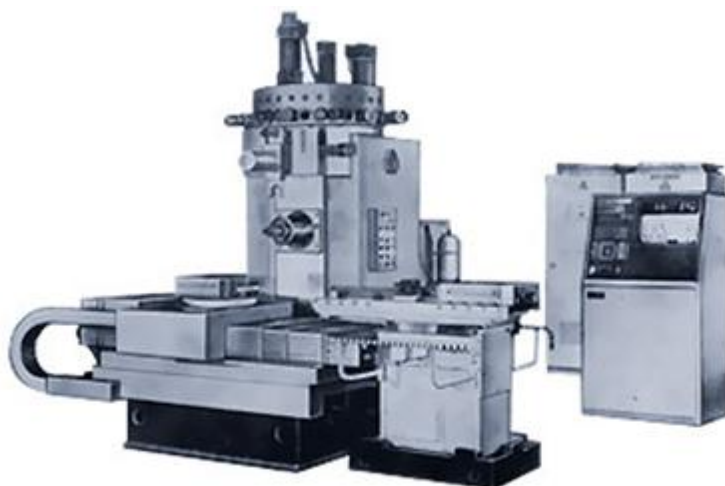


Рисунок 2.1. Общий вид обрабатывающего центра IP500ПМФ4.

Сверлильно-фрезерно-расточный станок модели IP500ПМФ4 предназначен для особо точной обработки широкого диапазона деталей, отличающихся конфигурацией, размерами и материалами.

На станке можно осуществлять следующие технологические операции [14]:

обработку отверстий с точным расположением осей методом растачивания (получистовое и точное чистовое);

развертывания;

контурное и прямоугольное фрезерование (получистовое и чистовое);

сверления;

зенкерования;

нарезку резьбы метчиками;

выполнение разметки;

выполнение высокоточных измерений.

Применяя поставляемые со станком поворотные столы и другие принадлежности можно производить обработку отверстий, заданных в полярной системе координат, наклонных и взаимно-перпендикулярных отверстий. Станок пригоден как для работ в инструментальных цехах, так и в производственных цехах с мелкосерийным производством.

Электрооборудование станка предназначено для обеспечения работы

органов станка в заданных технологических режимах, безопасной работы, а также максимального облегчения управлением [5].

Станок оснащен устройством контурного программного управления, измерительными путевыми преобразователями, а также электрооборудованием отечественного производства.

Станок имеет следующие электроприводы:

вращения шпинделя (главного движения -S);

перемещения стола (X);

перемещения салазок (Y);

перемещения шпиндельной бабки (Z);

гидростанции;

станции охлаждения;

Приводы подач осуществляют подачу стола(X), салазок(Y), бабки(Z).

Регулирование скорости перемещения в ручном режиме осуществляется изменением задающего сигнала при неизменной глубине обратной связи. Величина задающего сигнала определяется положением регулятора на пульте станка. Пределы скорости перемещения в ручном режиме от 0 до 6000 мм/мин. Управление приводами подач в автоматическом режиме осуществляется от устройства управления. Желаемая скорость подачи может программироваться в мм/мин или дюймах/мин. Скорость подачи ускоренного перемещения равна 12000 мм/мин [12].

Контроль за величиной нагрузки на двигатели подач производится амперметром, расположенном на двери электрошкафа. С помощью переключателя, расположенного на двери электрошкафа, осуществляется подключение амперметра к якорным цепям двигателей подач.

Таблица 2.1

Основные технические данные и характеристики станка

Технические характеристики		
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	700	
Размеры рабочей поверхности стола, мм	500x500	
Частота вращения поворотного стола (с круговой подачей), об/мин	6	
Количество позиций поворота стола	72 (через 5°)	
Индексируемый поворот стола, угол. с	360000x0,001°	
Точность автоматической установки поворота стола	±3"	
Конус для крепления инструмента в шпинделе	50 ISO	
Частота вращения шпинделя, об/мин	21,2-3000	
Мощность электродвигателя привода вращения шпинделя, кВт	14-22	
Величина перемещения стола (поперечное), мм	800	
Величина перемещения бабки (вертикальное), мм	500	
Величина перемещения стойки (продольное), мм	500	
Время смены столов-спутников, с	45	
Количество столов-спутников в накопителе	2	
Рабочие подачи стола, шпиндельной бабки, стойки, мм/мин	1-3600	
Скорость быстрых установочных перемещений, мм/мин	12000	
Емкость инструментального магазина, шт	30	
Время смены инструмента, с	10	
наибольший диаметр рядом стоящих инструментов, мм	125	
Наибольший диаметр инструмента при свободных соседних гнездах, мм	160	
Габариты, мм	4450x4625x3205	
Масса станка (без электрооборудования, гидростанции, устройств ЧПУ, смены столов-спутников и принадлежностей), кг	9350	

Принцип работы оборудования станка ИР500ПМФ4

Станок имеет бесконсольную вертикально-подвижную шпиндельную бабку, перемещающуюся внутри продольно-подвижной стойки и

поперечно-подвижной стол.

Главное движение резания осуществляется электродвигателем мощностью 22 кВт. Крутящий момент от электродвигателя к шпинделю передаётся через 2-х ступенчатую коробку скоростей, связанную со шпинделем зубчатой муфтой. Широкий диапазон частот вращения шпинделя и скоростей подач позволяет обрабатывать как черные, так и цветные металлы. Конструкция шпиндельного устройства предусматривает обдув оправки инструмента и конуса шпинделя [12,15].

Инструментальный магазин расположен в верхней части стойки. В зависимости от исполнения станка комплектуются магазин емкостью 30 или 60 инструментов. Рядом со станком расположено устройство смены столов-спутников. В зависимости от исполнения станки могут комплектоваться двух или многокомплектными устройствами смены столов-спутников.

На листе показана конструкция шпиндельного устройства станка ИР500ПМФ4 с механизмом привода главного движения. Шпиндель 1 приводится во вращение электродвигателем 2 постоянного тока через двухступенчатую коробку скоростей. Вращение на шпиндель передается либо через зубчатые пары 3, 4 и 4, 5 (второй диапазон), либо через зубчатые пары 3, 4 и 6, 7 (первый диапазон). В диапазонах от 21 до 194 мин⁻¹ и от 623 до 935 мин⁻¹ на шпинделе обеспечивается постоянный крутящий момент, а в диапазонах от 195 до 622 мин⁻¹ и от 936 до 3000 мин⁻¹ — постоянная мощность. Переключение диапазонов частот вращения шпинделя осуществляется гидроцилиндром, шток 8 которого жестко связан с вилкой 9. Контроль переключения выполняют путевые выключатели 10, на которые воздействуют подвижные пластины 11.

Литой корпус 12, в котором монтируется механизм привода главного движения, крепится на шпиндельную коробку 13. Крутящий момент с зубчатого колеса 14, имеющего бочкообразные зубья, передается на шпиндель 1 через зубчатую полумуфту 15 с внутренними зубьями. Зубчатое колесо 16 служит для присоединения механизма угловой ориентации

шпинделя при автоматической смене инструмента [16].

Шпиндельное устройство монтируется в корпусе 7, который фланцем крепится на переднем торце шпиндельной коробки 13. Внутри шпинделя расположен механизм зажима инструмента. Зажим инструментальной оправки в шпинделе производится усилием пакета тарельчатых пружин 18, а отжим — гидроцилиндром.

Конструкция механизма разжима инструмента и угловой ориентации шпинделя показана на листе 121. Гидроблок 1 расположен на задней стенке корпуса 2 механизма привода главного движения. В блоке имеется гидроцилиндр 3 разжима инструмента а шпинделе. Зажим инструмента осуществляют тарельчатые пружины в шпиндельном устройстве. Через шток и поршень гидроцилиндра проходит канал подачи воздуха для обдува конуса шпинделя при разжиге инструмента. Контроль разжима и зажима осуществляют конечные выключатели 4.

Механизм ориентации шпинделя в исходном угловом положении состоит из фотоэлектрического импульсного датчика 5, соединенного с валом 6 привода главного движения с помощью зубчатой передачи. Двойные (разрезные) зубчатые колеса 7 и 8 позволяют компенсировать боковой зазор в зацеплении с колесом 9. Позиционирование шпинделя в исходном положении осуществляется по управляющей команде от устройства ЧПУ [11].

2.2 Описание кинематической схемы ИР500ПМФ4

На листе показаны кинематические схемы базового многоцелевого станка с ЧПУ типа ИР500П.МФ4 (рис. 2.1). На листе приведены графики изменения мощности и крутящего момента на шпинделе при обработке различными методами заготовок из конструкционных сталей, чугуна и алюминиевых сплавов (рис. 2.3), а также частот вращения шпинделя (рис. 2.4).

Гидросистема станка осуществляет следующие функции: уравнивание шпиндельной коробки специальным гидроцилиндром; переключение механических ступеней привода главного движения; разжим 245 инструмента в шпинделе; угловую ориентацию шпинделя; смену инструментов манипулятором; фиксацию инструментального магазина; разжим-зажим поворотного стола и столов-спутников; автоматическую смену столов-спутников. Управление электромагнитами гидрозолотников осуществляется устройством ЧПУ. Пневматическая система станка предназначена для обдува воздухом конуса шпинделя и инструмента при его автоматической смене, а также базовых поверхностей поворотного стола и столов-спутников при их автоматической установке. Работа пневмосистемы осуществляется автоматически с управлением от устройства ЧПУ, переключающего воздухораспределители [5].

Кинематическая схема привода подачи стола и главного движения приведены на рис 2.2. и рис 2.3. На нем под следующими номерами обозначены:

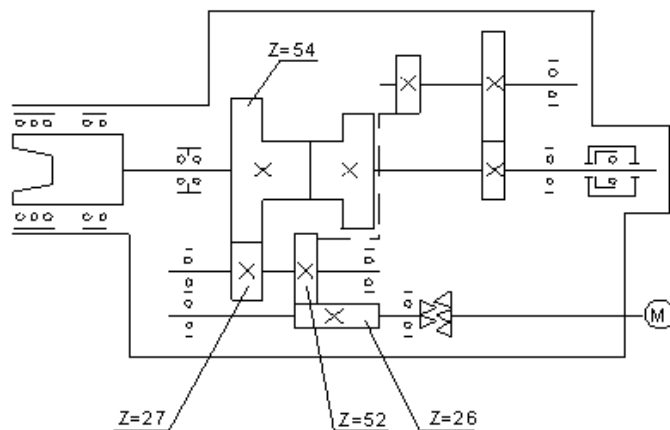


Рисунок 2.2. Кинематическая схема главного привода

1. Двигатель.

. Спецмуфта с высокой крутильной жесткостью, допускающая некоторую неточность монтажа двигателя и винта (несоосность, перекос).

. Специальная гайка.

- . Специальный винт.
- . Стол.
- . Подшипник.

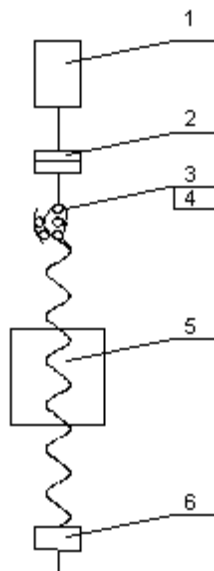


Рисунок 2.3. Кинематическая схема привода подачи стола.

Станина является основной опорной базой станка. Она выполнена в виде чугунной отливки коробчатой формы, в карманах которой имеются отверстия для крепления станины через клиновые опоры к фундаменту.

Направляющие всех неподвижных базовых узлов накладные, термообработанные до высокой твердости. Линейные направляющие подвижных базовых узлов накладные из специального полимерного антифрикционного материала. Боковые и нижние направляющие подвижных узлов выполнены на специальных опорах качения. Со стороны базовых граней направляющих, опоры качения закреплены жестко. С противоположных сторон и с нижней стороны опоры качения снабжены натяжным устройством, предназначенным для натяжки к базовой и лицевой граням направляющих. Регулировка натяжных устройств идет по определенной программе [6].

Каждый подвижной узел станка (по осям X, Y, Z) при перемещении

ограничиваются в крайних положениях электрическими конечными выключателями, смонтированными в специальных отдельных блоках.

По оси X (перемещение стола) блок устанавливается на санях стола, по оси Y (перемещение бабки) и по оси Z (перемещение стойки) - на стойке.

Конечные выключатели взаимодействуют с упорами, расположенными в пластинах с прямоугольными пазами. В пазах располагаются: упоры крайних ограничений ходов подвижных узлов станка, упоры замедления, упоры "нулевых положений" и упоры для подачи специальных команд.

Отсчетные устройства - линейные оптические датчики устанавливаются по осям X, Y, Z и служат датчиками отсчета линейных перемещений. Конструктивно установка линеек оптических датчиков подобна для каждой координатной оси. Шкала линейки оптического датчика выставлена в специальной кассете, которая жестко крепится на станине стола (по оси X), на стойке (по оси Z) и на шпиндельной бабке (по оси Y). Ползунок выставлен относительно шкалы линейки оптического датчика и через кронштейн крепится на санях стола, на шпиндельной бабке, на стойке. Шкала линейки оптического датчика через электрокабель соединяется с промежуточным усилителем, установленным на станине стола (по оси X), на стойке (по оси Z) и на шпиндельной бабке (по оси Y).

Разрешение подачи механизмов осей X, Y, Z формируются в УЧПУ при соблюдении следующих условий:

- все оси находятся в рабочей зоне;
- нет аварии главного привода;
- инструмент зажат;
- поворотный стол зажат;
- стол-спутник зажат;
- при интерполяции включен главный привод;
- выбрана ступень вращения шпинделя.

При анализе технического задания обратим внимание на два пункта,

характеризующие требования к электроприводу со стороны окружающих его систем.

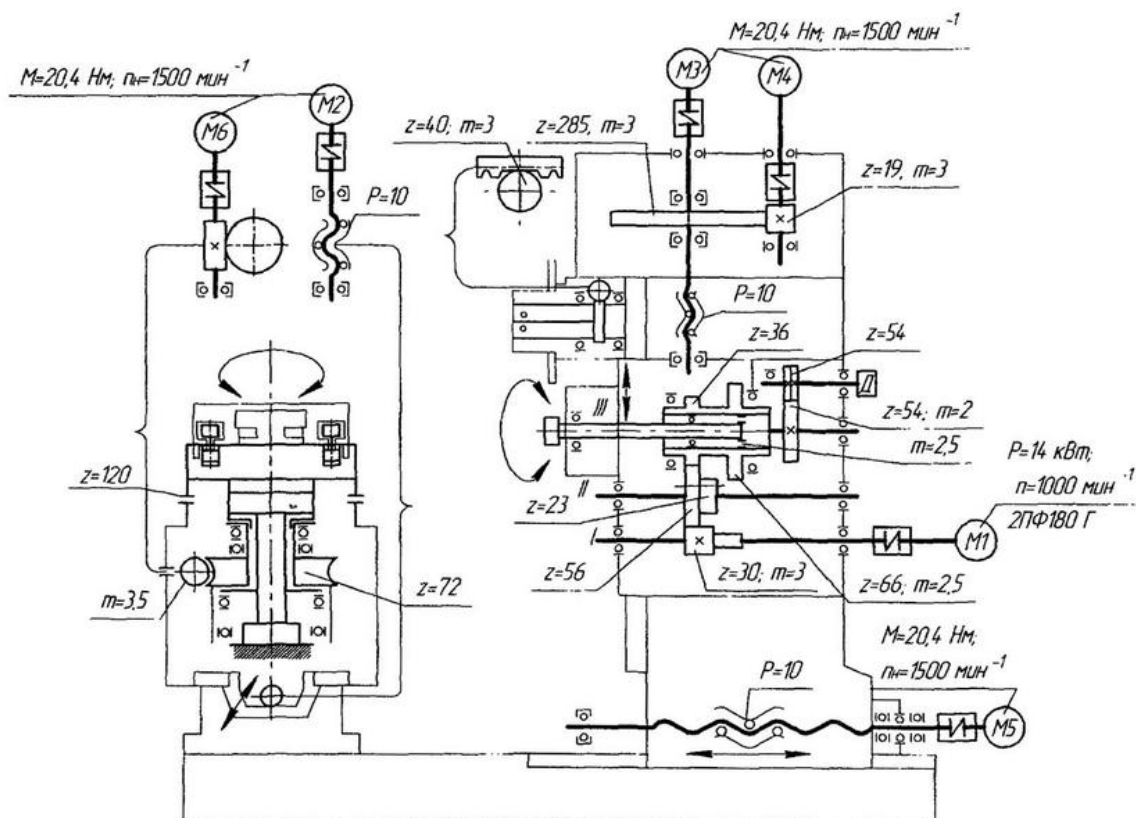


Рисунок 2.4. Станок ИР500ПМФ4

Шпиндельная бабка с мощным шпинделем размещена не сбоку, как у горизонтально-расточного станка, а в проеме стойки. Бабка перемещается вертикально по направляющим, охватывающим ее с двух боковых сторон. Такая компоновка, сочетающаяся с массивной, усиленной ребрами жесткости стойкой portalного типа, обеспечивает высокую жесткость шпиндельного узла и точность его линейных перемещений. Вращение шпинделя осуществляется от электродвигателя М1 (рис. 2.4) постоянного тока. Изменение частоты вращения шпинделя обеспечивается регулированием двигателя и двухступенчатой коробкой скоростей. Для переключения механических диапазонов служит подвижный блок зубчатых колес $z=23$ и $z=56$, который может входить в зацепление с шестернями $z=36$ или $z=66$, закрепленными на общей ступице и связанными со шпинделем зубчатой муфтой, размещенной в отверстии ступицы. Подвижный блок может занимать два положения, соответствующие первому и второму

диапазонам. Блок перемещается гидроцилиндром. При включении первого механического диапазона возможно получение частоты вращения шпинделя в пределах 21,2...1000 мин⁻¹ при большом постоянном крутящем моменте 700 Нм. Второй диапазон обеспечивает частоту вращения шпинделя 1000...3150 мин⁻¹ при постоянной мощности 14 кВт. Изменение направления вращения достигается реверсированием электродвигателя.

Движения подач и поворот стола осуществляются от высокомоментных электродвигателей постоянного тока М2, М3, М4, М5, М6.

На поворотный стол станка можно устанавливать заготовку массой 700 кг. Поворачивая стол, можно изменять угловое положение заготовки по отношению к шпинделю и производить обработку с четырех сторон при одном установе. Для сокращения вспомогательного времени на установку и снятие заготовок имеется двухпозиционный поворотный стол. Обработка заготовок ведется с закреплением их в приспособлениях-спутниках. Один из спутников находится на основном поворотном столе станка вместе с обрабатываемой заготовкой. На другом спутнике в это время устанавливают следующую заготовку. После окончания обработки первой заготовки она автоматически передвигается вместе со спутником вправо, на двухпозиционный стол. После этого стол поворачивается на 180°, и спутник со "своей" заготовкой поступает на стол в рабочую зону станка, где начинается обработка заготовки. Обработанная деталь снимается со спутника, и вместо нее устанавливают и закрепляют следующую заготовку [10].

Режущие инструменты, закрепленные вне станка в унифицированных инструментальных оправках, размещаются при наладке в гнездах инструментального магазина, расположенного сверху на стойке станка. Над каждым гнездом имеется номер (в станке принята система кодирования гнезд магазина). Для передачи инструментов из магазина в шпиндель и обратно служит двухзахватный автооператор [17].

Движения в станке. Главное движение — вращение шпинделя с закрепленным в нем инструментом. Вращение шпинделя обеспечивается электродвигателем М1 постоянного тока типа 2ПФ-80Г мощностью 14 кВт (номинальная частота вращения 1000 об/мин, номинальное напряжение 220 В). Изменение частоты вращения шпинделя обеспечивается регулированием двигателя и двухступенчатой коробкой скоростей. Для переключения механических диапазонов служит подвижный блок зубчатых колес 23 — 56, который может входить в зацепление с шестернями $z = 33$ или $z = 66$, закрепленными на общей ступице и связанными со шпинделем зубчатой муфтой, размещенной в отверстии ступицы. Подвижный блок может занимать два положения, соответствующие первому и второму диапазону. Блок перемещается гидроцилиндром и вилкой (на схеме не показаны). При включении первого механического диапазона возможно получение частоты вращения шпинделя в пределах 21,2 — 1000 об/мин при большом постоянном крутящем моменте 700 Нм. Второй диапазон обеспечивает частоту вращения шпинделя 1000 - 3150 об/мин при постоянной мощности 14 кВт. Изменение направления вращения достигается реверсированием электродвигателя [19].

Движения подачи в станке

по оси X - перемещение стола с заготовкой

по оси Y - вертикальное перемещение шпиндельной бабки

по оси Z - горизонтальное перемещение стойки

Перемещение шпиндельной бабки (по оси Y), стойки (по оси Z) и стола (по оси X) обеспечивается одинаковыми высокомоментными электродвигателями М2 — М4 с возбуждением от постоянных магнитов. Мощность каждого двигателя 2,8 кВт (при $n = 1000$ об/мин)

Установленные электродвигатели позволяют без применения коробки подач получать рабочую подачу по любой из координат в пределах 1 — 2000 мм/мин и быстрые установочные перемещения со скоростью 8000 или 10 000 мм/мин (последняя зависит от принятой системы ЧПУ).

Наибольшая сила подачи стола и стойки 8 кН, шпиндельной бабки 4 кН. Такие же электродвигатели использованы для вращения поворотного стола 1 (двигатель М5) инструментального магазина 3 (двигатель М6).

2.3 Расчет зубчатой передачи

2.3.1 Выбор материала колес и определение допускаемого напряжения

Основным материалом для изготовления зубчатых колес силовых передач служит легированная или углеродистая стали, реже чугуны [13].

В зависимости от твердости и рабочей поверхности зубьев после термообработки можно разделить на 2 группы:

- а) с твердостью $HV < 350$ – без закалки;
- б) с твердостью $HV > 350$ – с закалкой или цементацией.

Мы будем использовать зубчатые колеса с $HV < 350$. $HV1 > HV2 + (60..70)$ – для Прямозубых. Характеристики металлов зубчатых колес приведем в таб. 2.2.

Таблица 2.2

Колеса	Марка стали	Сечение S, мм	Механические свойства			Обработка
			Твердость HB поверхность	σ_B , МПа	σ_T , МПа	
Z1	Ст 45	<50	300	890	650	Улучшение
Z2	Ст 45	<100	230	750	450	Улучшение

Разработка суточного графика загрузки оборудования:

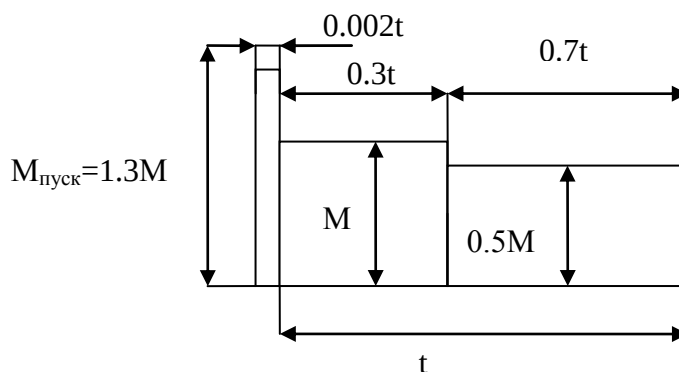


Рисунок 2.5 Цикл работы

Время работы передачи за весь срок службы:

$\kappa_{\text{сут}}=0,29$; $\kappa_{\text{год}}=0,5$; $t=5$ лет;

$$T_{\Sigma} = 365 \cdot t \cdot 24 \cdot \kappa_{\text{сут}} \cdot \kappa_{\text{год}} = 365 \cdot 5 \cdot 24 \cdot 0,29 \cdot 0,5 = 6351 \text{ часов.}$$

Коэффициент приведения переменной нагрузки к постоянной эквивалентной:

а) на контактную усталость

$$K_{HE} = \Sigma \left(\frac{M_i}{M_{\max}} \right)^{m/2} \cdot \frac{T_i}{T_{\Sigma}} \cdot \frac{n_i}{n_{\max}} = \left(\frac{1,3M}{1,3M} \right)^3 \cdot 0,002 \cdot 1 + \left(\frac{M}{1,3M} \right)^3 \cdot 0,2 \cdot 1 + \left(\frac{0,5M}{1,3M} \right)^3 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,1574$$

б) на изгибную усталость

$$K_{FE} = \Sigma \left(\frac{M_i}{M_{\max}} \right)^{m_F} \cdot \frac{T_i}{T_{\Sigma}} \cdot \frac{n_i}{n_{\max}} = \left(\frac{1,3M}{1,3M} \right)^6 \cdot 0,002 \cdot 1 + \left(\frac{M}{1,3M} \right)^6 \cdot 0,3 \cdot 1 + \left(\frac{0,5M}{1,3M} \right)^6 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,0646$$

где $m = m_F = 6$ – показатель степени для нормализованных и улучшенных сталей, а также при поверхностном упрочнении.

Эквивалентная циклическая долговечность:

а) на контактную усталость

$$N_{HE} = 60 \cdot T_{\Sigma} \cdot \kappa_{HE} \cdot n_i \cdot n_{ji} = 60 \cdot 6351 \cdot 0,174 \cdot 720 = 43,9 \cdot 10^6;$$

$$N_{HE} = 60 \cdot T_{\Sigma} \cdot \kappa_{HE} \cdot n_i \cdot n_{ji} = 9,11 \cdot 10^6;$$

б) на изгибную усталость

$$N_{FE} = 60 \cdot T_{\Sigma} \cdot \kappa_{FE} \cdot n_i \cdot n_{zi} = 60 \cdot 6351 \cdot 0,212 \cdot 720 = 17,7 \cdot 10^6;$$

$$N_{FE} = 60 \cdot T_{\Sigma} \cdot \kappa_{FE} \cdot n_i \cdot n_{zi} = 3,8 \cdot 10^6;$$

где n_{zi} – число колес, входящих в зацепление с рассчитываемым колесом, оно равно единице во всех случаях.

База испытаний:

а) при контактной усталости

$$N_{HO} = 30 \cdot HB^{2,4} = 30 \cdot 300^{2,4} = 26,44 \cdot 10^6$$

$$N_{HO} = 30 \cdot HB^{2,4} = 30 \cdot 230^{2,4} = 13,97 \cdot 10^6$$

б) при изгибной усталости:

$N_{FO} = 4 \cdot 10^6$ – стальные колеса.

Коэффициент режима нагрузки или коэффициент долговечности:

$$K_{HL} = m_H \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}} = \sqrt[6]{\frac{26,44 \cdot 10^6}{4,3 \cdot 10^6}} = 0,92;$$

$$K_{HL} = m_H \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}} = 1,09;$$

- для стальных колес,

где $m_H = 6$ показатель степени.

Коэффициент режима нагрузки или коэффициент долговечности:

$$K_{FL} = m_F \sqrt[6]{\frac{N_{FO}}{N_{FE}}} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{17,7 \cdot 10^6}} = 0,84$$

$$K_{FL} = m_F \sqrt[6]{\frac{N_{FO}}{N_{FE}}} = 1,03$$

где m_F – показатель кривой усталости, который применяется из соображений $m_F = 6$, при $HV < 350$.

Полученные результаты занесем в табл. 2.3

Таблица 2.3

Колесо	Расчетные критерии						
	На контактную усталость			На изгибную усталость			
	KHL	NHE	NHO	KFL	KFC	NFE	NFO
Z1	0,92	43,8·106	26,44·106	0,78	1	17·106	4·106
Z2	1,09	9,1·106	13,97·106	1,03	1	3,8·106	4·106

2.3.2 Расчет на контактную усталость цилиндрической зубчатой передачи

Определение допускаемых контактных напряжений:

$$[\sigma_{HO}]_i = \frac{\sigma_{H \lim b} \cdot Z_R}{S_H} = 300 \cdot 2 + \frac{70}{1,1} = 609,09 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_{HO}]_i = \frac{\sigma_{H \lim b} \cdot Z_R}{S_H} = 230 \cdot 2 + \frac{70}{1,1} = 481,18 \text{ МПа}$$

где $S_H=1,1$ – коэффициент безопасности; $Z_R=1$ – коэффициент, учитывающий влияние шероховатости на долговечность; $\sigma_{H \lim b}$ – предел

контактной выносливости поверхности зубьев, соответствующей базе испытаний и определяется по формуле: $\sigma_{Hlimb}=2HB+70=2.300+70=670\text{МПа}$;

$$\sigma_{Hlimb}=2HB+70=2.230+70=530\text{ МПа}.$$

Допускаемое напряжение:

$$[\sigma_H]_i = [\sigma_{HO}]_i \cdot K_{HL_i} = 609 \cdot 0,97 = 569\text{ МПа}$$

$$[\sigma_H]_i = [\sigma_{HO}]_i \cdot K_{HL_i} = 505\text{ МПа}$$

Для нахождения разности средних твердостей рабочих поверхностей зубьев шестерни и колеса за допускаемое контактное напряжение пары применяют меньшее из двух, полученных из зависимости:

$$[\sigma_H] = 0,45([\sigma_H]_1 + [\sigma_H]_2) = 0,45 \cdot (569 + 505) = 483\text{ МПа}$$

Определяем допускаемые напряжения на изгиб.

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{Flimb}^0}{S_F} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL} = \frac{1,8 \cdot 300}{1,75} \cdot 1 \cdot 0,78 = 260\text{ МПа}$$

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{Flimb}^0}{S_F} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL} = 241\text{ МПа}$$

где σ_{0Flimb} – предел выносливости соответствующий базе испытаний, S_F – коэффициент безопасности, выбирается из интервала от 1.7 до 2.2, K_{FC} – коэффициент, учитывающий влияние стороннего положения нагрузки, принимаем его равным 1 так как у нас односторонняя нагрузка. Коэффициент σ_{0Flimb} определяем из формулы $\sigma_{0Flimb} = 1.8HB$.

Полученные данные занесем в табл. 2.4.

Таблица 2.4 Расчетные данные

колесо	$[\sigma_{HO}]_i$ МПа	$[\sigma_{HO}]$ МПа	$[\sigma_H]_i$ МПа	$[\sigma_H]$ МПа	$[\sigma_F]$ МПа
Z1	609	481	569		260
Z2	481		505		241

2.3.3 Определение основных параметров передачи

Предварительный расчет межосевого расстояния:

$$a_w = K_a (u+1) \sqrt[3]{\frac{M_3 \cdot K_{H\beta}}{u \cdot \psi_{ba} \cdot [\sigma_H]^2}} = 430 \cdot 3 \cdot \sqrt[3]{\frac{11 \cdot 1,18}{616^2}} = 125,1 \text{ мм}$$

В соответствие с ГОСТ СТ СЭВ 229-76 принимаем $a_{w2} = 126 \text{ мм}$

Коэффициент ширины колеса:

$$\psi_{ba} = \frac{2\psi_{bd}}{u+1} = \frac{2 \cdot 1}{2+1} = 0,66$$

Расчет модуля и числа зубьев колес тихоходной ступени. Так как твердость колес и шестерен тихоходной ступени менее 350, НВ модуль колес тихоходной ступени рассчитывается по формуле:

$$m_2 = 2 \dots 4 \text{ мм.}$$

По СТ СЭВ 310-76 напомним предпочтительные величины из ряда 2...3,5:

$$m_2 = 2; 2,25; 2,75; 3; 3,5; 4 \text{ мм.}$$

Из таблицы предпочтительных размеров модуля выбираем модуль

$m_2 = 3$ и запишем данные:

Сначала определим основные параметры колес быстроходной ступени:

$$d_1 = \frac{2 \cdot a_{w1}}{u+1} = \frac{2 \cdot 126}{2+1} = 84 \text{ мм}$$

$$d_2 = d_1 \cdot u = 84 \cdot 2 = 168 \text{ мм}$$

Находим ψ_{bd1} по формуле:

$$\psi_{bd1} = \frac{K_d^3 \cdot M_1 \cdot K_{H\beta}}{d_1^3 [\sigma_H]^2} \cdot \frac{u+1}{u} = \frac{675^3 \cdot 11 \cdot 1,18}{84^3 \cdot 481^2} \cdot \frac{2+1}{2} = 1,03$$

Определяем b_{w1} :

$$b_{w1} = \psi_{bd1} \cdot d_1 = 1,2 \cdot 84 = 100 \text{ мм}$$

Определяем число зубьев колес:

$$z_1 = \frac{d_1 \cdot \cos \beta}{m_n} = \frac{84 \cdot 0,985}{3} = 28$$

$$z_2 = z_1 \cdot u_{12} = 28 \cdot 2 = 56$$

2.3.4 Геометрические размеры колес

Расчет основных размеров зубчатых венцов представим в виде таблицы 2.5

Таблица 2.5. Основные параметры зубчатой передачи

параметры		Прямозубая передача	
наименование	обозначение	Z1	Z2
Межосевое расстояние	aw2, мм	126	
Нормальный модуль	mn2, мм	3	3
Диаметр делительной окружности	d3, d4, мм	84	168
Длина зуба	bw3, bw4, мм	100	53

2.3.5 Предварительный расчет валов редуктора

Предварительный расчет валов производим на кручение по пониженным допускаемым напряжениям [4]. Минимальные значения диаметров валов согласовываем по ГОСТ 6636-69 (СТ СЭВ 514-87) с ближайшими значениями из ряда R40.

Расчет ведущего вала производим для диаметра выходного конца при допускаемом напряжении $[\tau]_k = 20 \dots 25$ МПа. Материал валов стали 40, 45, Ст6:

$$d_{в1} \geq 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{16M}{\pi \cdot [\tau]}} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 40}{\pi \cdot 15}} = 50 \text{ мм};$$

$$d_{в1} \geq 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 80}{\pi \cdot 25}} = 25 \text{ мм}$$

2.3.6 Выбор подшипников качения

Диаметр вала $d_{\text{п}}$ под подшипники определяется по следующему соотношению:

$$d_{\text{п}} = (1,15 \dots 1,4) \cdot d_{\text{в}},$$

$$d_{\text{п1}} = (1,15 \dots 1,4) \cdot 50 = 68 \text{ мм};$$

Выберем диаметр $d_{\text{п}}$ из стандартного ряда внутренних диаметров подшипников качения:

$$d_{\text{п1}} = 75 \text{ мм};$$

$$d_{\text{п2}} = 130 \text{ мм};$$

$$2) \text{ дп1}=30 \text{ мм};$$

$$\text{дп2}=90 \text{ мм};$$

Выберем диаметр $d_{\text{к2}}$ из стандартного ряда посадочных размеров $d_{\text{к2}} = 1,4 \cdot 30 = 45 \text{ мм};$

Таблица 2.6. Силы в зацеплении закрытой передачи.

Вид передачи	Силы в зацеплении	Значения силы, Н	
		на шестерни	на колесе
Коническая с круговым зубом	Окружная	$F_{t1} = F_{t2} = 1325$	$F_{r2} = \frac{2T_2 \cdot 1000}{0,857 d_{a2}} = 1325$
	Радиальная	$F_{r1} = F_{t1} \gamma_r = 265$	$F_{r2} = F_{a1} = 1086$
	Осевая	$F_{a1} = F_{t1} \gamma_a = 1086$	$F_{a2} = F_{r1} = 265$

где, γ_r - коэффициент радиальной силы $\gamma_r = (0,44 \cos \delta_1 - 0,7 \sin \delta_1) = 0,2$,
 γ_a - коэффициент осевой силы $\gamma_a = (0,44 \sin \delta_1 + 0,7 \cos \delta_1) = 0,82$.

Таблица 2.7. Консольные силы.

Вид открытой передачи	Характер силы по направлению	Значение силы, Н	
		на шестерни	на колесе
Цилиндрическая прямозубая	Окружная	$F_{t1}=F_{t2}=4466$	$F_{t2}=\frac{2T_2 \cdot 1000}{d_2}=4466$
	Радиальная	$F_{r1}=F_{r2}=1031$	$F_{r2}=F_{t2} \operatorname{tg} \alpha=1031$
Муфта		На быстроходном валу $F_{\mu 1}=50 \sqrt{T_1} \dots 125 \sqrt{T_2}=900$	

где, T_1 и T_2 - вращающий момент быстроходного и тихоходного вала редуктора, d - делительный диаметр колеса.

Далее необходимо определить реакцию в подшипниках [13].

Определение реакции в подшипниках.

Построение эпюр моментов (быстроходного вала)

Дано: $F_{t1}=1325$ Н; $F_{r1}=265$ Н; $F_{a1}=1086$ Н; $F_m=900$ Н; $d_1=0,035$ м; $l_6=0,065$ м; $l_1=0,03$ м; $l_m=0,081$ м.

1. Вертикальная плоскость

а) определяем опорные реакции, Н:

$$\sum M_3 = 0; F_{a1}d_1/2 - F_{r1}(l_1 + l_6) - R_{ay}l_6 = 0; R_{ay} = \frac{F_{a1}d_1/2 - F_{r1}(l_1 + l_6)}{l_6} = -95 \text{ Н};$$

$$\sum M_2 = 0; F_{a1}d_1/2 - F_{r1}l_1 - R_{ay}l_6 = 0; R_{ay} = \frac{F_{a1}d_1/2 - F_{r1}l_1}{l_6} = 170 \text{ Н}.$$

Проверка: $\sum y = 0; -R_{ay} + R_{ay} - F_{r1} = 0; 95 + 170 - 265 = 0.$

б) строим эпюру изгибающих моментов относительно оси х (1-3):

$$M_{x1} = F_{a1} \frac{d_1}{2} = 19; M_{x2} = F_{a1} \frac{d_1}{2} - F_{r1}l_1 = 11; M_{x3} = 0.$$

2. Горизонтальная плоскость

а) определяем опорные реакции, Н:

$$\sum M_3 = 0; F_{t1}(l_1 + l_6) - R_{ax}l_6 + F_m l_m = 0; R_{ax} = \frac{F_{t1}(l_1 + l_6) + F_m l_m}{l_6} = 3058 \text{ Н};$$

$$\sum M_2 = 0; F_{t1}l_1 - R_{ax}l_6 + F_m(l_m + l_6) = 0; R_{ax} = \frac{F_{t1}l_1 + F_m(l_m + l_6)}{l_6} = 2619 \text{ Н}.$$

Проверка: $\sum x = 0; -R_{ax} + R_{ax} + F_{t1} - F_m = 0; -3058 + 2619 + 1325 - 900 = 0$

б) строим эпюру изгибающих моментов относительно оси у (1-4):

$$M_{y1} = 0; M_{y2} = F_{t1}l_1 = 40; M_{y4} = 0; M_{y3} = -F_m l_m = -72.$$

3. Строим эпюру крутящих моментов, Н·м: $M_k = M_z = F_{t1} d_1/2 = 23.$

4. Определяем суммарные радиальные реакции, Н:

$$R_a = 3059 \text{ Н}; R_b = 2624 \text{ Н}.$$

5. Определяем суммарный изгибающий момент в наиболее нагруженных сечениях, Н·м:

$$M_2 = \sqrt{M_{x2}^2 + M_{y2}^2} = 41; M_3 = M_{y3} = -72.$$

$R_a, \text{ Н}$	3059
$R_b, \text{ Н}$	2624
$M_2, \text{ Н} \cdot \text{м}$	41
$M_3, \text{ Н} \cdot \text{м}$	72

Таблица 2.8.

Определение реакции в подшипниках.

Построение эпюр моментов (тихоходного вала)

Дано: $F_{t1}=13255$; $F_{r1}=265$; $F_{a1}=1086$; $F_{on1}=4476$; $F_{on2}=1031$; $d_1=0,03$; $l_6=0,13$; $l_{on}=0,065$.

1. Вертикальная плоскость

а) определяем опорные реакции, Н:

$$\sum M_3 = 0; F_{on1}l_{on} - F_{r1}l_6/2 + F_{a1}d_1/2 + R_{ay}l_6 = 0; \quad R_{ay} = \frac{-F_{a1}d_1/2 - F_{on1}l_{on} + F_{r1}l_6/2}{l_6} = -2230 \text{ Н};$$

$$\sum M_1 = 0; F_{a1}d_1/2 + F_{r1}l_6/2 - R_{ay}l_6 + F_{on1}(l_{on} + l_6) = 0;$$

$$R_{ay} = \frac{F_{r1}l_6/2 + F_{on1}(l_{on} + l_6) + F_{a1}d_1/2}{l_6} = 6963 \text{ Н}.$$

Проверка: $\sum y = 0$; $R_{ay} + R_{ay} - F_{r1} - F_{on} = 0$; $-2230 + 6963 - 265 - 4476 = 0$.

б) строим эпюру изгибающих моментов относительно оси х (1-4):

$$M_{x1} = 0; \quad M_{x2} = R_{ay}l_6/2 = -269; \quad M_{x4} = 0; \quad M_{x3} = -F_{on1}l_{on} = -53;$$

$$M_{x2} = -F_{on1}(l_{on} + l_6/2) + R_{ay}l_6/2 = -129.$$

2. Горизонтальная плоскость

а) определяем опорные реакции, Н: $R_{ax} = R_{bx} = F_{t1}/2 = 662 \text{ Н}$.

б) строим эпюру изгибающих моментов относительно оси у (1-3):

$$M_{y1} = 0; \quad M_{y2} = R_{ax}l_6/2 = -43; \quad M_{y3} = 0.$$

3. Строим эпюру крутящих моментов, Н·м: $M_k = M_z = F_{t1}d_1/2 = 20$.

4. Определяем суммарные радиальные реакции, Н:

$$R_a = 2326 \text{ Н} \quad ; \quad R_b = 6694 \text{ Н}$$

5. Определяем суммарный изгибающий момент в наиболее нагруженных сечениях, Н·м:

$$M_2 = \sqrt{M_{x2}^2 + M_{y2}^2} = 272 \quad ; \quad M_3 = M_{x3} = -53.$$

$R_A, \text{ Н}$	2326
$R_B, \text{ Н}$	6994
$M_2, \text{ Н} \cdot \text{м}$	272
$M_3, \text{ Н} \cdot \text{м}$	53

Таблица 2.9.

д) Определяем динамическую грузоподъемность по большему значению эквивалентной нагрузки:

$$C_{rp} = R_{E2}^{3,33} \sqrt[3]{60n L_h / a_1 a_2} 10^6 = 62779 \text{ Н.}$$

Такая грузоподъемность приемлема.

Таблица 2.10 Основные размеры подшипников

Вал	Подшипники		Размеры d*D*T, мм	Динамическая грузоподъемность		Долговечность, ч	
	принят предва- рительно	принят оконча- тельно		C _{rp}	C _r	L _{10h}	L _h
Б	7207	7607	35*80*33	35610	76000	12090	10000
Т	7306	7306	30*72*29	62000	63000	10380	10000

Вывод: произведенный проектный проверочный расчет зубчатой передачи показал, что при данных условиях механизм модуля поворота работоспособен.

2.4 Разработка компоновочной схемы ГПМ

2.4.1 Многоцелевой фрезерный станок с ЧПУ

Компоновочная схема- это система взаимного расположения элементов ГПМ. Она подразделяется на технологическую и конструкционную. В процессе технологической компоновки на основании исходных определяются структура ГПМ, состав рабочих и конечных положений изделия, характер обслуживания ГПМ человеком. Второй вид компоновки отражает конструктивное исполнение ГПМ. Конструктивные

компоновки ГПМ весьма многообразны. Однако необходимо стремиться к типовым решениям хотя бы для однородных операций и деталей одного конструктивного класса. При этом нужно придерживаться принципа размещать пульт управления вне рабочего пространства ПР; вокруг него должно быть достаточно места, что бы оператор мог беспрепятственно пользоваться кнопкой аварийного отключения и имел хороший обзор [18].

В состав ГПМ входит многоцелевой фрезерный станок с ЧПУ ИР500ПМФ4 (Рисунок 2.1.) и станция загрузки-выгрузки спутниковых столов для обработки корпусных изделий. На основе технических характеристик, приведенных в Таблице 1, станка и станции загрузки-выгрузки и с учетом требований, приведенных выше, была разработана компоновочная схема ГПМ (Рисунок 2.6.).

Многоцелевой фрезерный станок с ЧПУ



Рисунок 2.6. Обрабатывающий центр с ЧПУ ИР500ПМФ4

Обрабатывающий центр ИР-500ПМФ4 с контурной системой программного управления 2С42-65, автоматической сменой инструмента и столов-спутников предназначен для высокопроизводительной обработки корпусных деталей из различных материалов

Широкие диапазоны частоты вращения шпинделя и скоростей подач, наличие поворотного стола, высокая степень автоматизации вспомогательных работ расширяют технологические возможности станков и позволяют использовать их в составе гибких производительных систем [8].

Таблица 2.11. ИР-500ПМФ4. Обрабатывающий центр. Технические характеристики

Характеристика	ИР-500ПМФ4
ТОЧНОСТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ	
Точность линейного одностороннего позиционирования стола, мкм	25
Точность линейного одностороннего позиционирования стойки, шпиндельной бабки, мкм	20
Постоянство положения рабочей поверхности стола-спутника при повороте на 30°, мкм	16
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Наибольшая масса обрабатываемого изделия	700
Размеры рабочей поверхности стола, мм	500x500
Частота вращения поворотного стола (с круговой подачей), об/мин	6
Количество позиций поворота стола	120 (через 3°)
Индексируемый поворот стола, угл. с	360000x0,001°
Точность автоматической установки поворота стола	±3
Конус для крепления инструмента в шпинделестанц	ISO 50
Частота вращения шпинделя, об/мин	21,2-3000
Мощность электродвигателя привода вращения шпинделя, кВт	7,5-22
Величина перемещения стола (поперечное), мм	800
Величина перемещения бабки (вертикальное), мм	500
Величина перемещения стойки (продольное), мм	500
Время смены столов-спутников, с	45
Количество столов-спутников в накопителе	2

Рабочие 1 подачи стола, шпиндельной бабки, стойки, мм/мин	1-3600
Скорость быстрых установочных перемещений, мм/мин	12000
Емкость инструментального магазина, шт	30
Время смены инструмента, с	5
наибольший диаметр рядом стоящих инструментов, мм	125(160)
Наибольший диаметр инструмента при свободных соседних гнездах, мм	160
Габариты, мм	4450x4625x3205
Масса станка (без электрооборудования, гидростанции, устройств ЧПУ, смены столов-спутников и принадлежностей)	9350

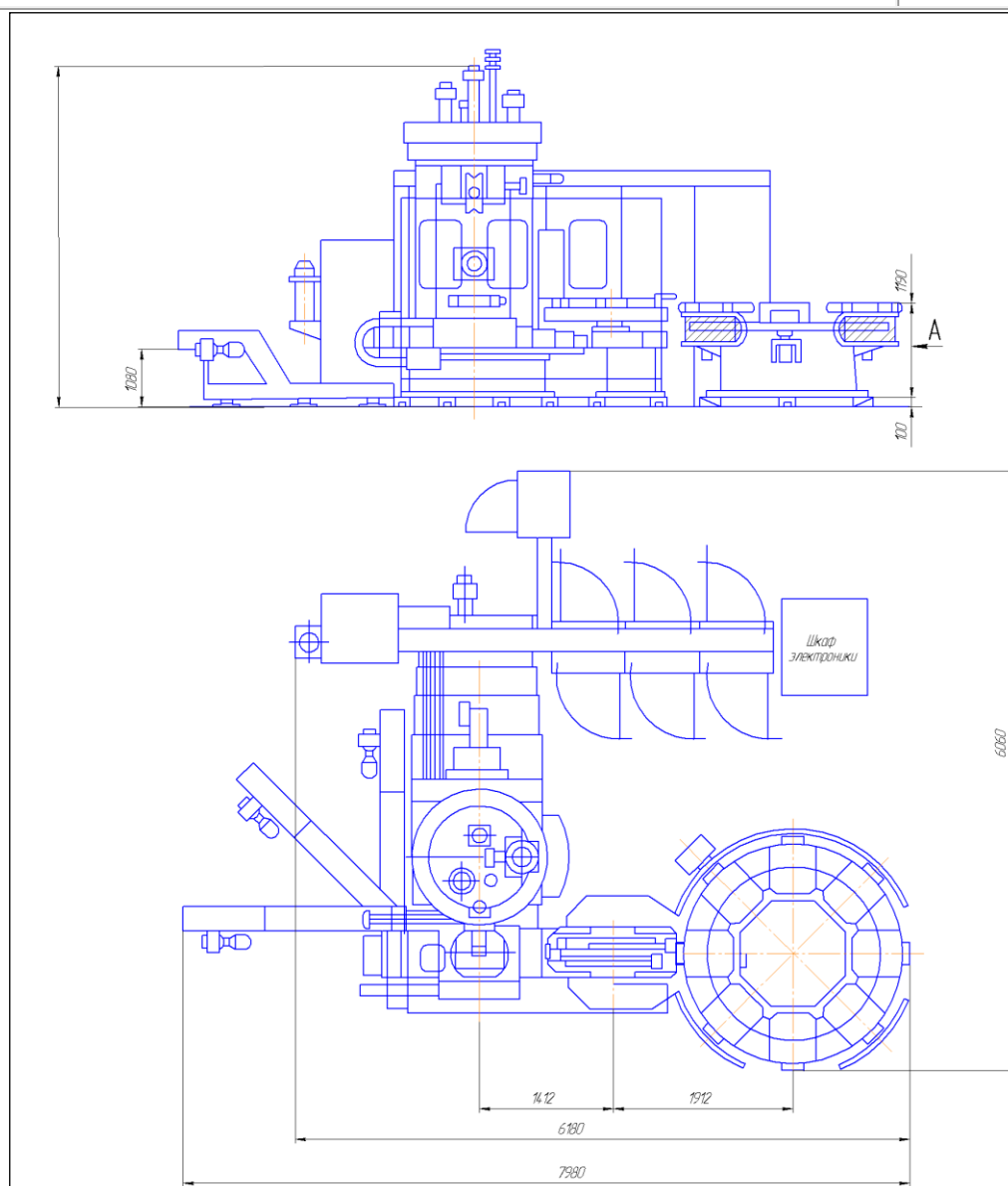


Рисунок 2.7. Компоновочная схема ГПМ

2.4.2 Станция загрузки - выгрузки

В составе ГПМ используется устройство автоматической смены инструментов и столов спутников с заготовками и 8-местными круговыми накопителями столов-спутников, которые обеспечивают автоматическую работу комплекса в течение одной смены. Загрузка и разгрузка накопителя кодированными столами-спутниками с заготовками или с обработанными на станке деталями может осуществляться как в направлении продольной, так и поперечных осей станка [19].

Выводы

В первой части конструкторского раздела произведен проектный проверочный расчет зубчатой передачи станка ИР-500ПМФ4.

Произведенный проектный проверочный расчет зубчатой передачи показал, что при данных условиях механизм модуля поворота работоспособен.

Во второй части конструкторского раздела были решены следующие задачи:

Разработана компоновка гибкого производственного модуля (ГПМ), позволяющего автоматизировать технологический процесс и производить комплексную обработку детали типа «Крышка корпуса правая ВЗП240.30.04».

3. Система управления

3.1. Принципы выбора электрических двигателей фирмы Siemens для использования в основных приводах металлорежущих станков ГПМ

1) Особенности электропривода шпинделя — привода главного движения станка [19].

В металлорежущих станках с ЧПУ применяются три варианта конструктивного исполнения электропривода (ЭП) главного движения [26]:

Использование электродвигателя и коробки скоростей в качестве устройства, передающего движение шпинделю (ступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя).

Использование электродвигателя и редуктора для передачи вращающего момента шпинделю.

Непосредственное соединение валов двигателя и шпинделя без промежуточных передающих устройств. Использование специализированных двигателей («мотор-шпиндель»).

В современных станках с ЧПУ используется третий вариант. Функции, выполняемые электроприводом главного движения, значительно усложнены. Помимо стабилизации частоты вращения, при силовых режимах резания требуются обеспечение режимов позиционирования шпинделя при автоматической смене инструмента, что неизбежно ведет к увеличению требуемого диапазона D регулирования частоты вращения

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}},$$

где $n_{\max}, n_{\min}$ — соответственно наибольшее и наименьшее число оборотов шпинделя.

Диапазон регулирования частоты вращения определяется пределами скоростей резания и диаметров обрабатываемых изделий. Это обусловлено

тем, что на универсальных станках могут обрабатываться детали из различных материалов и разных размеров, в частности разных диаметров. Для обработки изделий одинакового диаметра из различных материалов необходимо обеспечить определенный диапазон регулирования скорости резания. С другой стороны, рациональная обработка изделий из одного и того же материала, но разных диаметров, требует постоянной скорости резания. Как правило, на современных станках с ЧПУ диапазон регулирования частоты вращения шпинделя $D > 100$.

На скоростях ниже номинальных ($n \leq n_{ном}$) регулирование осуществляется с постоянным моментом двигателя ($M_{ов} = const$), на скоростях выше номинальных — регулирование с постоянной мощностью двигателя ($P_{ов} = const$). Превышение номинальной скорости может быть не более чем (3-х — 4-х) кратным. Этот режим должен быть кратковременным, т.к. заявленный срок службы подшипников в опорах вала двигателя определяется для номинальной скорости вращения вала и с ростом скорости уменьшается [17].

В современных электроприводах станков с ЧПУ используется режим стабилизации мощности резания, когда привода шпинделя и подачи работают как взаимосвязанные процессом резания [26].

Стабильность работы привода шпинделя характеризуется изменением частоты вращения Δn при изменении нагрузки, напряжения питающей сети, температуры окружающей среды и т.п.

Погрешность регулирования ЭП главного движения определяется суммированием следующих отклонений частоты вращения Δn :

При изменении тока нагрузки на $0.4I_{ном}$ по сравнению со значением $0.6I_{ном}$ при номинальном напряжении питания $U_{ном}$ и постоянной температуре окружающей среды $t = (20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

При изменении температуры окружающей среды $(20 \pm 5)^\circ\text{C} \leq t \leq 45^\circ\text{C}$

при питании номинальным напряжением $U_{ном}$ и номинальной нагрузке (токе $I_{ном}$).

При изменении напряжения питания на $\pm 10\%$ от номинального напряжения ($U = U_{\text{н}} \pm 10\%$) при холостом ходе и постоянной температуре $t = (20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

При изменении направления вращения Δn определяется при холостом ходе привода, номинальном напряжении питания $U_{\text{н}}$ и температуре окружающей среды $t = (20 \pm 5)^\circ\text{C}$

$$\Delta n = \frac{2(n_{\text{пр}} - n_{\text{лев}})}{n_{\text{пр}} + n_{\text{лев}}} \cdot 100\%$$

где $n_{\text{пр}}$, $n_{\text{лев}}$ — частота вращения соответственно при правом и левом направлениях вращения шпинделя.

Отличительной особенностью главного привода для высокоавтоматизированных станков с ЧПУ является необходимость применения реверсивного привода даже в тех случаях, когда по технологии обработки реверс не требуется. Требование обеспечения эффективного торможения и подтормаживания при снижении частоты вращения и режимов поддержания постоянной скорости резания приводит к необходимости применения реверсивного привода с целью получения нужного качества переходных процессов [20].

Установка инструмента в шпиндель выполняется с помощью гидропневматической системы автоматически или вручную. При смене инструмента конус шпинделя продувается сжатым воздухом. Рабочий шпиндель постоянно оmyвается СОЖ, благодаря чему достигается оптимальное выравнивание по температуре шпинделя и обрабатываемого изделия.

Выбор типа двигателя и устройства управления им в электроприводе шпинделя

Для приводов главного движения обрабатывающих центров и токарных станков фирмой Siemens [20] производятся двигатели серии 1PH7 (рисунок 2.8) с воздушным охлаждением. Это надежные и необслуживаемые асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Двигатели имеют встроенные датчики для определения скорости вращения и положения вала двигателя.



Рисунок 2.8.

Особенностями двигателей серии 1PH7 для станков являются:

- короткая общая длина двигателя;
- минимальный контур помех благодаря встроенной клеммовой коробке;
- максимальная скорость до 9000 об/мин (опционально: 12000 об/мин);
- регулирование скорости до нуля без сокращения момента;
- оптимальное согласование с рядом Simodrive 611 по мощности.

Исходными данными для выбора двигателя являются:

- заданная величина мощности резания $P_{рез} = 15 \text{ кВт}$;
- наибольшая требуемая частота вращения шпинделя $n_{шм} = 3000 \text{ об/мин}$.

При выборе двигателя привода шпинделя должно выполняться условие

$$P_{ном} \geq P_{рез} + P_{xx} + P_{доп}$$

где $P_{ном}$ — номинальная мощность двигателя; P_{xx} — мощность, затрачиваемая на вращение шпинделя на холостом ходу; $P_{доп}$ — дополнительная мощность, затрачиваемая на вращение шпинделя в режиме резания.

$$P_{ном} \geq 1.2P_{рез} \quad (1)$$

поскольку, как правило, для реальных приводов шпинделя выполняется условие

$$P_{xx} + P_{доп} \leq 0.2P_{рез}$$

В соответствии с формулой (1) требуемая номинальная мощность двигателя

$$P_{ном} \geq k_z P_{рез} \geq 1.2 \cdot 15 \geq 18 \text{ кВт}$$

При выборе двигателя по скорости обратимся к рисунку 2.9 [21]

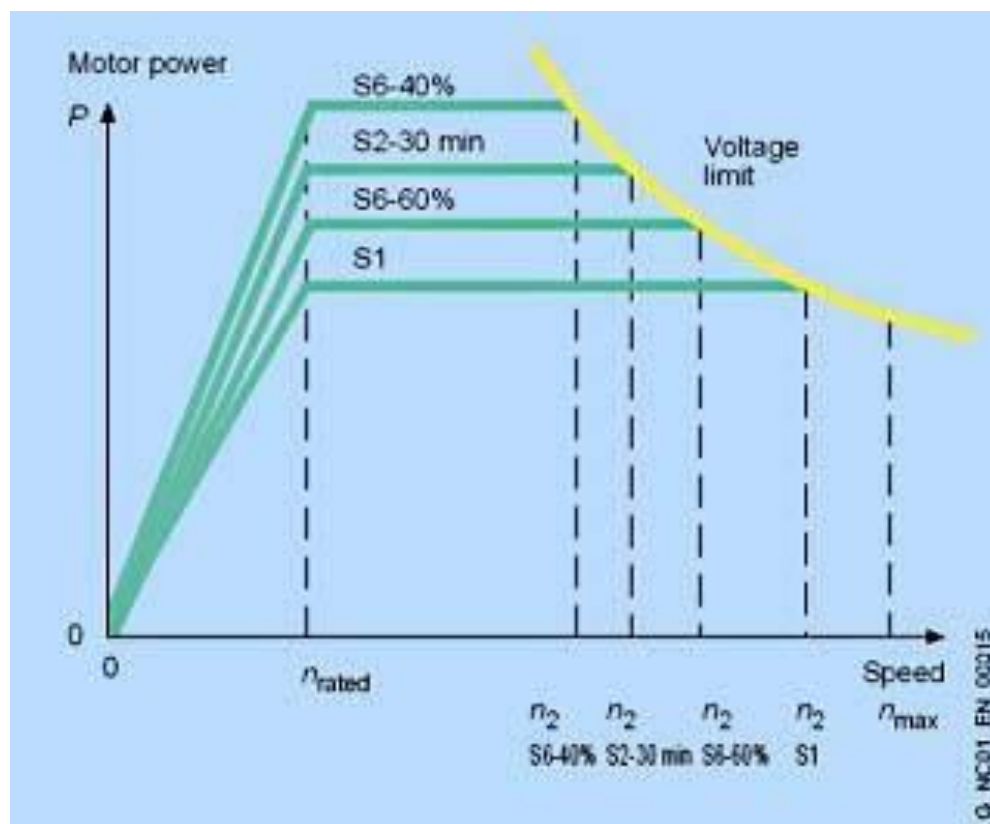


Рисунок 2.9. Типичная диаграмма частоты вращения/мощности для асинхронных двигателей

Диаграмма показывает типичную зависимость между частотой вращения двигателя и мощностью привода в двигателях 1PH7 для следующих режимов работы согласно IEC 60034-1.

S 1: Непрерывная работа.

S 6: Непрерывный режим работы с прерывистой нагрузкой и относительной продолжительностью включения 60% (S6-60%) или 40% (S6-40%) при максимальной продолжительности цикла 10 минут.

S 2: Кратковременный режим работы с продолжительностью включения 30 мин (S2 30 мин) и последующим остановом.

n_{rated} — номинальная скорость асинхронного двигателя;

n_2 — достигаемая частота вращения при номинальной мощности при использовании регулируемого питания.

Для значений $P_{ном} \geq 18 \text{ кВт}$ и $n_{им} = 3000 \text{ об/мин}$ из таблиц [21] выбираем асинхронный двигатель типа 1PH7 133-NG02 со следующими параметрами:

— в режиме S1 номинальная мощность $P_{ном} = 20 \text{ кВт}$;

— достигаемая частота вращения $n_2 = 6500 \text{ об/мин}$ при номинальной мощности двигателя в режиме S1;

— $I_{номS1} = 45 \text{ А}$ - номинальный ток в режиме S1, $I_{номS6} = 63 \text{ А}$ - номинальный ток в режиме S6-40%;

— $M_{ном} = 95.5 \text{ Нм}$ - номинальный момент вращения;

— $J = 0.076 \text{ кгм}^2$ - момент инерции;

— величина напряжения сети переменного тока $U_F = 220 \text{ В}$;

— число фаз – 3;

— частота напряжения сети $f_C = 50 \text{ Гц}$.

Для управления асинхронными двигателями серии 1PH7 используется частотное управление от Simodrive 611.

Системные параметры линейки приводов SIMODRIVE [26]

SIMODRIVE 611 это гибко проектируемая линейка приводов, отвечающая как экономически, так и экологически техническим требованиям современных станков.

С SIMODRIVE 611 Siemens предлагает линейку приводов с аналоговым или цифровым управлением, отвечающую наивысшим требованиям в динамике, установочном диапазоне числа оборотов и свойствах кругового движения.

Благодаря модульной конструкции линейки приводов могут быть реализованы конфигурации приводов с практически любым количеством осей или главных шпинделей. Осевые модули рассчитаны для приводных двигателей 1FT, 1FK и 1FN, а также двигателей главного движения 1PH, 1FE1 и 1LA.

Размер двигателя определяет силовые модули. Из требуемой для этого мощности промежуточного контура получается необходимый модуль питания. Через модуль питания системная структура SIMODRIVE 611 подключается к сети низкого напряжения с заземленной нейтралью (сеть TN).

Все модули линейки приводов SIMODRIVE 611 имеют унифицированную конструкцию. Интерфейсы для питания и коммуникации друг с другом, а также интерфейсы между сменными модулями управления и силовыми модулями стандартизированы.

Конструкция модулей SIEMENS

При конструировании модулей управления особый упор был сделан на требования легкости управления, простоты монтажа и проводки. Здесь, к примеру, благодаря постоянной монтажной модульной сетке в 50 мм и хорошо зарекомендовавшим себя на практике соединениям силовых, сигнальных и шинных кабелей были реализованы подходящие для клиента решения, при этом проводка кабеля проверена на электромагнитную совместимость (ЭМС).

длина всех модулей в модульной сетке 50 мм

высота всех модулей унифицированная 480 мм (включая крепежные накладки)

ширина всех модулей (без штекера и опционных надстроек) относительно монтажной плоскости, составляет при:

внутреннем теплоотводе или воздуховодном теплоотводе унифицировано 288 мм;

м теплоотводе унифицировано 231 мм.

Модули линейки приводов SIMODRIVE 611 имеют закрытые и отвечающие требованиям ЭМС корпуса, соответствующие DIN EN 60529 (IEC 60529).

Электрическая система изготовлена согласно EN 50178 (VDE 0160) и EN 60204. Имеются свидетельства о соответствии CE.

Дополнительно учитывать размеры для соединительного листа воздуховода/экрана, навесного вентилятора и воздуховодного теплоотвода.

Учитывать глубину установки теплоотвода для вентиляционной шахты.

Цифровые платы управления с аналоговым интерфейсом заданного значения или PROFIBUS DP SIMODRIVE 611 universal HR

SIMODRIVE 611 universal HR это платы управления с аналоговым интерфейсом заданного значения числа оборотов и опционным интерфейсом PROFIBUS DP, а также как вариант с функциональностью позиционирования и частотой двигателя до 1400 Гц для:

синхронных двигателей: 1FT6, 1FK

синхронных встраиваемых шпинделей 1FE1

линейных электродвигателей: 1FN

асинхронных двигателей: 1PH., 1LA с/без датчика

двигателей иных производителей, если они подходят для режима преобразователя

Разработка функциональной схемы системы управления мощностью и усилием резания

Управление мощностью и усилием резания (Рисунке 2.10) осуществляется с помощью электроприводов шпинделя и подачи (ЭПП) при изменении глубины резания h и свойств материала (твердости материала HB). При этом оба привода объединены процессом резания (ПР).

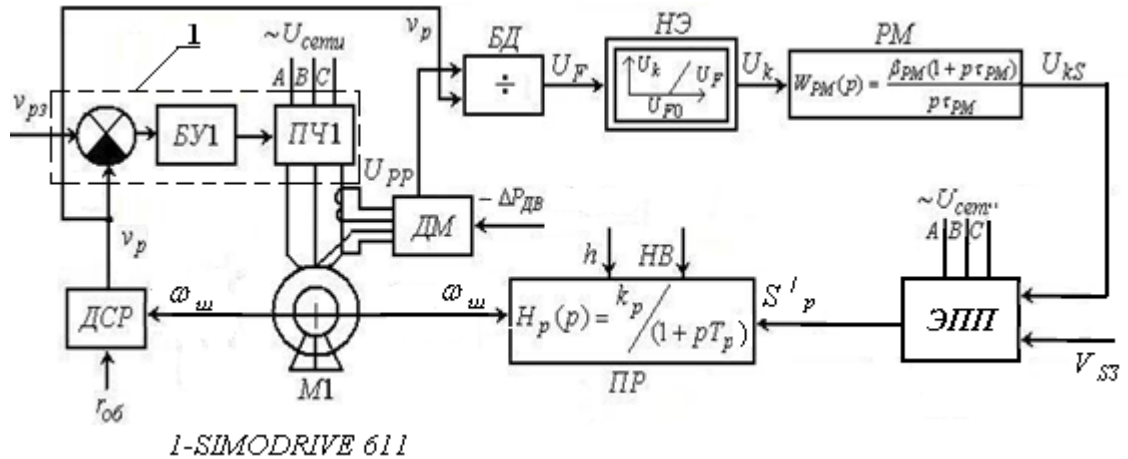


Рисунок 2.10. Функциональная схема системы управления мощностью и усилием резания

Мощность резания $P_p = F_p \cdot v_p$, где F_p – сила резания, v_p – скорость резания. Стабилизируя переменные F_p и v_p при изменении переменных h и HB , стабилизируем и мощность резания $P_p = const \cdot U_{PP}$.

Для автоматической стабилизации мощности (усилия резания) в схему вводятся датчик мощности ДМ, блок деления БД, нелинейный элемент НЭ, регулятор мощности РМ. Индуктивный датчик мощности ДМ (трансформатор тока) измеряет мощность привода шпинделя $P_{\text{ш}}$ и формирует сигнал U_{PP} , пропорциональный мощности резания P_{δ} . Полагаем, что $P_p \approx P_{\text{ш}}$, т.к. в режиме резания $P_{\text{ш}} \gg \Delta P_d$, где ΔP_d – потери в двигателе.

На выходе БД имеем напряжение U_F , пропорциональное силе резания $F_p = \frac{P_p}{v_p}$. Если $U_F > U_{F0}$ (реальная сила резания превышает соответствующую рабочему режиму), то на выходе НЭ имеем

корректирующее напряжение U_k , которое поступает на вход регулятора мощности РМ. Регулятор мощности РМ формирует сигнал коррекции U_{ks} , уменьшающий подачу S'_δ так, чтобы $P_p = const$. РМ обеспечивает требуемую динамику процесса стабилизации мощности, воздействуя на электропривод подачи (ЭПП). На другой вход ЭПП поступает сигнал задания скорости подачи $V_{s\varphi}$.

Электропривод шпинделя ЭПШ выполнен на базе трехфазного асинхронного двигателя М1 с короткозамкнутым ротором 1PH7 133-NG02, который управляется от модулей SIMODRIVE 611 — суммирующего устройства, блока управления БУ1 и преобразователя частоты ПЧ1. Обработка заготовки осуществляется с реальной скоростью v_p при глубине обработки h и твердости материала НВ. Реальная скорость резания v_p определяется датчиком скорости и радиуса обработки ДСР, на входы которого подаются сигналы со встроенного в двигатель энкодера и информация о радиусе обработки $r_{об}$. На выходе ДСР имеем значение линейной скорости $v_\delta = \omega_\delta \cdot r_{\dot{\delta}}$. Реальная скорость v_δ сравнивается с заданной $v_{\delta\varphi}$, и сигнал ошибки поступает на вход БУ1, который управляет частотой и амплитудой напряжения на выходе ПЧ1 и собственно скоростью вращения М1 [23].

Процесс резания характеризуется передаточной функцией $H_p(p) = \frac{F_p(p)}{S(p)} = \frac{k_p}{T_p \cdot p + 1}$, где S'_δ — подача, F_p — усилие резания, k_p, T_p — соответственно коэффициент и постоянная времени резания. В соответствии с эмпирической формулой $k_p = C_p \cdot v_p^n \cdot h \cdot S^{(y_p-1)}$, где C_p, n, y_p — соответственно коэффициент и показатели степени, зависящие от вида обработки, материала инструмента и детали..

РМ, который является ПИ-регулятором, определяется передаточной

функцией: $W_{PM}(p) = \frac{\beta_{PM}(\tau_{PM} \cdot p + 1)}{\tau_{PM} \cdot p}$, где β_{PM} – коэффициент усиления РМ,
 τ_{PM} – постоянная времени РМ.

Настройка параметров РМ проводится из условия оптимизации системы стабилизации мощности по модулю [20]. В этом случае постоянная времени РМ определяется из условия $\tau_{\delta i} = T_p = 2\pi/\omega_{\phi}$, что обеспечивает компенсацию постоянной времени резания и, в конечном счете, приводит к увеличению производительности оборудования.

Для заданной детали типа «Крышка корпуса правая ВЗП240.30.04» величина ω_{ϕ} определяется при разработке технологического процесса и равняется Рад/с. Тогда при обработке детали типа «Крышка корпуса правая ВЗП240.30.04» постоянная времени резания $T_p \approx \frac{2\pi}{\omega_{\phi}} = \frac{2 \cdot \pi}{\dots} = \dots c$

При $T_p = \tau_{PM}$ компенсируется наибольшая постоянная времени, что делает систему оптимальной по быстродействию.

Пример схемной реализации РМ на базе ПИ-регулятора приведен на

Рисунке 6, где коэффициент $\beta_{PM} = \frac{R_2}{R_1}$, постоянная времени $\tau_{PM} = R_2 \cdot C$.

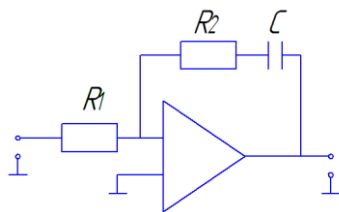


Рисунок 2.11. Вариант схемной реализации ПИ-регулятора

Следовательно, подбором величин R_1, R_2, C обеспечивается оптимизация производительности станка.

2)

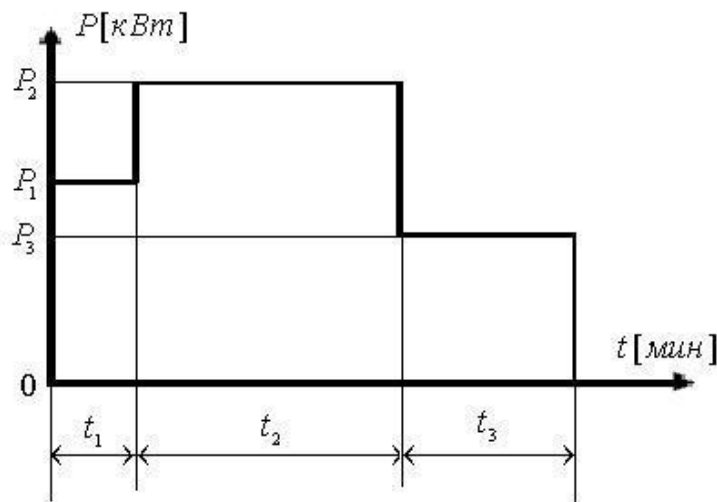


Рисунок 2.12. Нагрузочная диаграмма двигателя

Таблица 2.12.

№ варианта	P1 кВт	P2 кВт	P3 кВт	t1 мин	t2 мин	t3 мин
4	15	23.0	16.4	10	5	5

Решение

Среднее значение мощности находим по формуле

$$P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^3 P_i t_i}{\sum_{i=1}^3 t_i} = \frac{15 \cdot 10 + 23 \cdot 5 + 16.4 \cdot 5}{10 + 5 + 5} = \frac{151 + 115 + 82}{20} = \frac{348}{20} = 17.4 \text{ кВт}$$

Проверка выбранного двигателя по нагреву.

3.1. Определим потери при номинальной нагрузке (1.8)

$$\Delta P_{ном} = P_{ном} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{ном}} - 1 \right) = 1.6 \cdot \left(\frac{1}{0.73} - 1 \right) = 0.59 \text{ кВт}$$

Определим потери для каждого участка нагрузочной диаграммы по формуле (1.10). Для ДПТ НВ малой мощности полагаем $\gamma = 0.5$ (таблица 1.2). Для каждого участка нагрузочной диаграммы вычисляем значения коэффициентов нагрузки $\beta_k^2 \approx P_i / P_{ном}$:

$$\beta_1^2 \approx P_1 / P_{ном} = 1.1 / 1.6 = 0.69; \quad \beta_2^2 \approx P_2 / P_{ном} = 2 / 1.6 = 1.25;$$

$$\beta_3^2 \approx P_3/P_{ном} = 0.8/1.6 = 0.5.$$

Тогда,

$$\Delta P_1 = \Delta P_{ном} \cdot (\gamma + \beta_1^2)/(\gamma + 1) = 0.59 \cdot (0.5 + 0.69)/(0.5 + 1) = 0.47 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_2 = \Delta P_{ном} \cdot (\gamma + \beta_2^2)/(\gamma + 1) = 0.59 \cdot (0.5 + 1.25)/(0.5 + 1) = 0.69 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_3 = \Delta P_{ном} \cdot (\gamma + \beta_3^2)/(\gamma + 1) = 0.59 \cdot (0.5 + 0.5)/(0.5 + 1) = 0.39 \text{ кВт}.$$

3.3. Определим средние потери двигателя (1.11)

$$\Delta P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^3 \Delta P_i t_i}{\sum_{i=1}^3 t_i} = \frac{0.47 \cdot 11 + 0.69 \cdot 5 + 0.39 \cdot 15}{11 + 5 + 15} = \frac{5.17 + 3.45 + 5.85}{31} = \frac{14.47}{31} = 0.47 \text{ кВт}$$

3.4. Сравним средние потери с номинальными (проверка условия (1.12))

$$\Delta P_{cp} < \Delta P_{ном} \quad (0.47 \text{ кВт} < 0.59 \text{ кВт})$$

Следовательно, перегрев двигателя не будет превышать допустимой (нормативной) величины.

Проверка двигателя на перегрузочную способность и достаточность пускового момента.

Поскольку наибольшая мощность на втором участке нагрузочной диаграмме (2 кВт) превышает номинальную мощность выбранного двигателя (1.6 кВт), требуется проверка двигателя на перегрузочную способность.

В соответствии с (1.13) определяем для второго участка нагрузочной диаграммы

$$I_{я2} = P_2 / \omega_2 c_m = 2000 / 260 \cdot 0.33 = 23.3 \text{ А}$$

$$\omega_2 = \omega_0 - \frac{P_2}{P_{ном}} \cdot (\omega_0 - \omega_{ном}) = 269 - \frac{2}{1.6} \cdot (269 - 262) = 260 \text{ рад/с}$$

где

$$\omega_0 = U_{ном} / c_e = U_{ном} \omega_{ном} / (U_{ном} - I_{яном} R_{я}) = 110 \cdot 262 / (110 - 19.2 \cdot 0.147) = 269 \text{ рад/с}$$

$$c_M = M_{ном} / I_{яном} = 6.25 / 19.2 = 0.33 \text{ Нм/А}$$

Находим значение перегрузки по току на первом участке нагрузочной диаграммы

$$I_{я1} / I_{яном} = 23.3 / 19.2 \approx 1.2$$

Для двигателей типа МИ допускается двойная перегрузка по току якоря в течение времени $t_M \leq 1 \text{ мин}$. Поскольку $t_1 \gg t_M$ двигатель МИ-41 по перегрузочной способности не подходит для данного электропривода.

Выбираем следующий из ряда этой серии двигатель типа МИ-42 со следующими параметрами:

$$P_{ном} = 3.2 \text{ кВт}; n_{ном} = 2500 \text{ об/мин}; (\omega_{ном} = 262 \text{ об/мин}); \eta_{ном} = 78\%; M_{ном} = 12.5 \text{ Нм}; U_{ном} = 110 \text{ В}; I_{яном} = 36.3 \text{ А}; R_{я} = 0.192 \text{ Ом}; J_{я} = 662 \cdot 10^{-4} \text{ кгм}^2.$$

По скорости двигатель подходит, так как $n_{ном} = n_{зад} = (2500 \pm 50) \text{ об/мин}$.

Проверка выбранного двигателя по нагреву.

Определим потери при номинальной нагрузке (1.8)

$$\Delta P_{ном} = P_{ном} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{ном}} - 1 \right) = 3.2 \cdot \left(\frac{1}{0.78} - 1 \right) = 0.9 \text{ кВт}$$

Определим потери для каждого участка нагрузочной диаграммы по формуле (11.10). Для ДПТ НВ малой мощности полагаем $\gamma = 0.5$ (таблица 1.2). Для каждого участка нагрузочной диаграммы вычисляем значения коэффициентов нагрузки $\beta_k^2 \approx P_i / P_{ном}$:

$$\beta_1^2 \approx P_1 / P_{ном} = 1.1 / 3.2 = 0.34; \beta_2^2 \approx P_2 / P_{ном} = 2 / 3.2 = 0.625; \beta_3^2 \approx P_3 / P_{ном} = 0.8 / 3.2 = 0.25.$$

Тогда,

$$\Delta P_1 = \Delta P_{ном} \cdot (\gamma + \beta_1^2) / (\gamma + 1) = 0.9 \cdot (0.5 + 0.34) / (0.5 + 1) = 0.5 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_2 = \Delta P_{ном} \cdot (\gamma + \beta_2^2) / (\gamma + 1) = 0.9 \cdot (0.5 + 0.625) / (0.5 + 1) = 0.675 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_3 = \Delta P_{ном} \cdot (\gamma + \beta_3^2) / (\gamma + 1) = 0.9 \cdot (0.5 + 0.25) / (0.5 + 1) = 0.45 \text{ кВт}.$$

Определим средние потери двигателя (1.11)

$$\Delta P_{cp} = \frac{\Delta P_1 t_1 + \Delta P_2 t_2 + \dots + \Delta P_i t_i}{t_1 + t_2 + \dots + t_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta P_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (1.11)$$

$$\Delta P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^3 \Delta P_i t_i}{\sum_{i=1}^3 t_i} = \frac{0.5 \cdot 11 + 0.675 \cdot 5 + 0.45 \cdot 15}{11 + 5 + 15} = \frac{5.5 + 3.38 + 6.75}{31} = \frac{15.63}{31} = 0.5 \text{ кВт}$$

Сравним средние потери с номинальными (проверка условия (1.12))

$$\Delta P_{cp} < \Delta P_{ном} \quad (0.5 \text{ кВт} < 0.9 \text{ кВт})$$

Следовательно, перегрев двигателя не будет превышать допустимой (нормативной) величины.

Поскольку наибольшая мощность ни на одном участке нагрузочной диаграмме не превышает номинальную мощность выбранного двигателя, то проверка двигателя на перегрузочную способность не требуется.

Окончательно выбираем двигатель типа МИ-42.

3.2 Выбор управляющих и исполнительных устройств фирмы Siemens

Для того чтобы обеспечить обработку изделий с еще большей точностью, а также упростить процесс управления выбранным оборудованием, производится замена существующих управляющих и исполнительных устройств. Для наилучшего взаимодействия система разрабатывается из компонентов производимых одной фирмой – Siemens [22]. Интерфейс разрабатывается с помощью программы-конфигуратора NCSD-Kkonfigurator, рекомендуемой фирмой, что облегчает подбор оборудования и позволяет сформировать заказной номер для обращения к дистрибьютору [23].

Для разработки конфигурации в программе NCSD Konfigurator были

заданы следующие исходные данные:

- 1)Тип ЧПУ SINUMERIK 840D;
- 2)Тип вычислителя NCU-572.5;
- 3)Тип двигателей основного оборудования ГПМ: Двигатель главного движения (3200об/мин; 15кВт), двигатели подач (2000об/мин;1,99кВт);
- 4)Число информационных входов (8 входов) и управляющих выходов (9 выходов) для управления вспомогательным оборудованием ГПМ

После разработки конфигурации системы на основе NCSDKKonfigurator на выходе получают следующие данные: дерево конфигурации (Рисунок 2.13), информация о двигателях(Рисунок 2.14), характеристики выбранных двигателей (Рисунок 2.15), мощность внутреннего контура (Рисунок 2.16), оценочные коэффициенты и емкость внутреннего контура (Рисунок 2.17), конструкция модулей SIMODRIVE 611 (Рисунок 2.18), конструкция модулей SINUMERIK 840D(Рисунок 2.19), спецификация (Рисунок 2.20), модули ввода-вывода (Рисунок 2.21), структурная схема(Рисунок 2.22).

Дерево конфигурации компонентов системы управления.

В дереве конфигурации (рис.2.13) перечислены управляющие и исполнительные устройства выбранные параметры и показана взаимосвязь этих устройств.

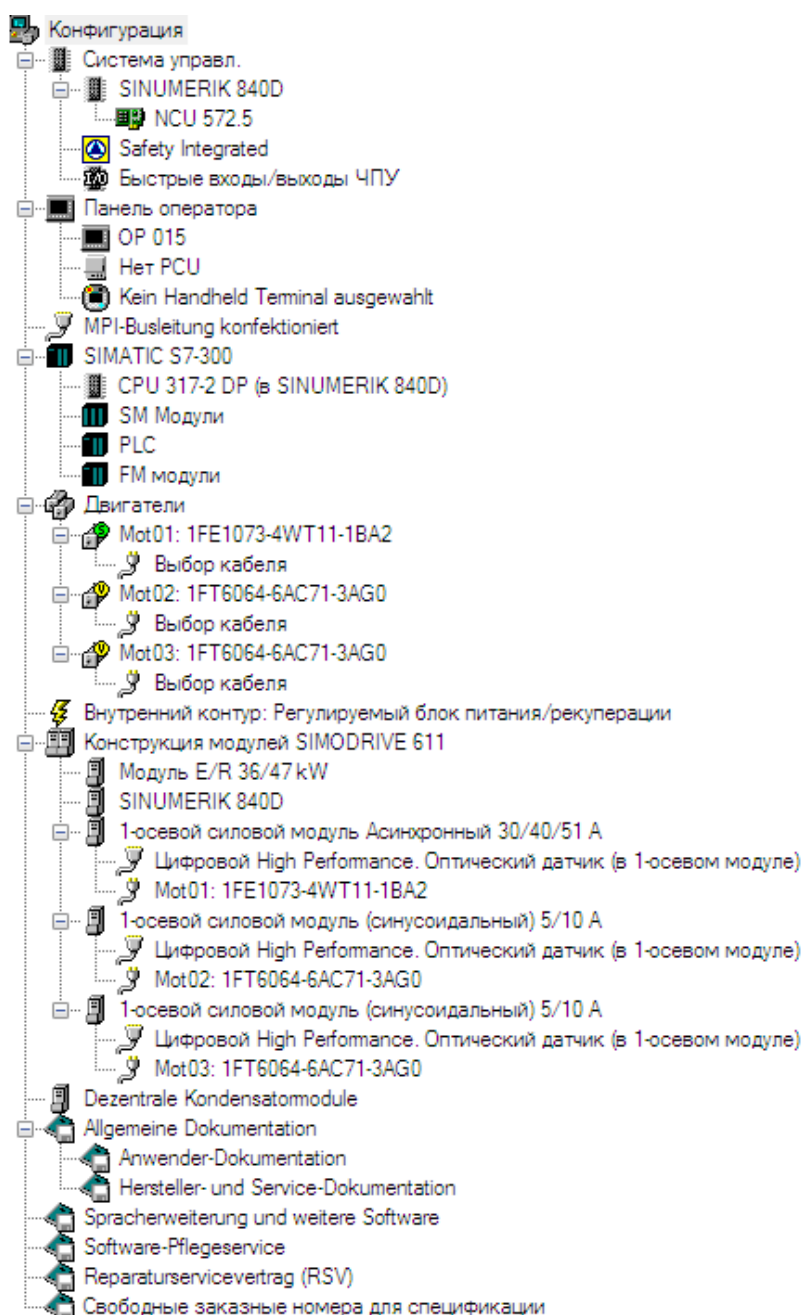


Рисунок 2.13.

2. Информация о двигателях показывает заказной номер, сформированный конфигуратором для возможного обращения к дистрибьютору компании.

Двигатель	Заказной номер.	Описание
Mot01	1FE1073-4WT11-1BA2	
Mot02	1FT6064-6AC71-3AG0	
Mot03	1FT6064-6AC71-3AG0	

Рисунок 2.14.

3. Характеристика выбранных двигателей

Двига	Тип двигателя	Со ст. тормоз	Конец вала	Вывод штекера	Дополнительный датчик					
Mot02	1FT6064-6AC71-3AG0	Двигатель не входит в диапазон опций!								
Mot03	1FT6064-6AC71-3AG0	Двигатель не входит в диапазон опций!								

Серводвигат	Тип двигателя	Частота f	T	IO	Модуль	M0	Pcalc	n/nN	PeI	GLZ
Mot02	1FT6064-6AC71-3AG0	2000	100 K	4,2	5/10 A	9,5	1,99	0,6	1,19	-
Mot03	1FT6064-6AC71-3AG0	2000	100 K	4,2	5/10 A	9,5	1,99	0,6	1,19	-

Двиг. ГД	Тип двигателя	Частота f	S1 / S6	ВВОД	Модуль	PN	КПД	PeI
Mot01	1FE1073-4WT11-1BA2	3200	S1	30	30/40/51 A	15	0,9	16,7

Линейные дв	Тип двигателя	Скор.	T	ВВОД	Модуль	Pcalc	v/vm	PeI	GLZ
-------------	---------------	-------	---	------	--------	-------	------	-----	-----

Тороид. двиг	Тип двигателя	Частота f	T	IO	Модуль	M0	Pcalc	n/nN	PeI	GLZ
--------------	---------------	-----------	---	----	--------	----	-------	------	-----	-----

Рисунок 2.15.

4. Мощность внутреннего контура

Пожалуйста, выберите:

Двигател	Тип двигателя	Стандартное приложение			
		Pcalc [кВт]	n/nN	PeI [кВт]	Сумма PeI [кВт]

Диапазон II для Pcalc от 1,8 кВт до 8,8 кВт

Mot02	1FT6064-6AC71-3AG0	1,99	0,6	1,19	Сумма:
Mot03	1FT6064-6AC71-3AG0	1,99	0,6	1,19	
GLZ-Faktor (Standard): 0,63 x Сумма PeI + 10 % =				1,65	1,65

Двигател	Тип двигателя	PN [кВт]	КПД	PeI [кВт]	Основ. нагр.:
Mot01	1FE1073-4WT11-1BA2	15	0,9	16,7	
GLZ-Faktor (Standard): 1 x Сумма PeI + 10 % =				18,3	20

Рисунок 2.16.

5. Оценочные коэффициенты и емкость внутреннего контура

Тип модуля	Электр. диапазон			Диапазон регулир.			Емкость ВК		Pv [Вт]
	Макс	Треб.	Эстатон	Макс	Треб.	Эстатон	начени	Заряд.	
Модуль питания/рекуп	8	0,5	7,5	17	0,5	16,5	0	990	са. 925 Вт ¹⁾
SINUMERIK 840D		1	6,5		3,8	12,7	0	0	са. 20 Вт
1-осевой модуль прив		1	5,5		1,85	10,85	495	495	са. 460 Вт
1-осевой модуль прив		1	4,5		1,85	9	75	75	са. 50 Вт
1-осевой модуль прив		1	3,5		1,85	7,15	75	75	са. 50 Вт
Эффективная емкость внутреннего контура при рекуперации:							645		са. 1505 Вт
Емкость ВК (макс. 20000 µF):								1635	
Потери мощности для компонентов шкафа [Вт]									

1) Указанное значение охватывает модуль E/R, дроссель или сетевой фильтр (в общем, наличествующие).

Рисунок 2.17.

6. Конструкция модулей SIMODRIVE 611 с габаритными размерами. В составе данной конструкции, выполненной в виде каркаса, находятся силовые модули к которым подключаются выбранные двигатели, интерфейсный модуль RS-485 для связи с ЧПУ и карта памяти для контроля сигналов со встроенных в двигатель датчиков [22].

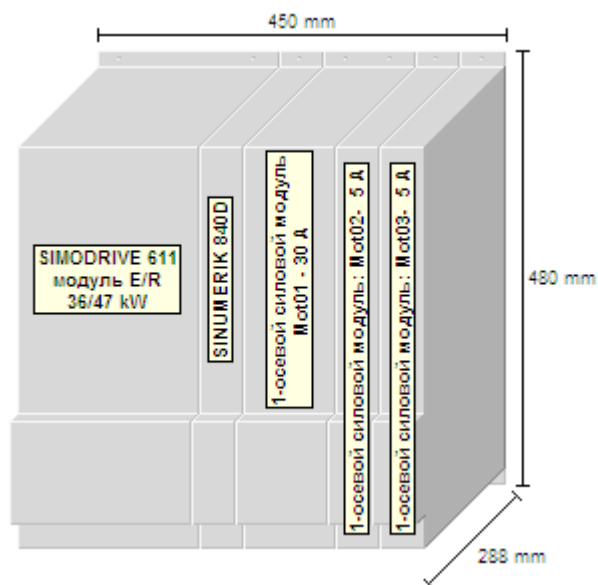


Рисунок 2.18.

7. Конструкция модулей SINUMERIK 840D, панели оператора, модулей ввода/вывода и их габаритные размеры

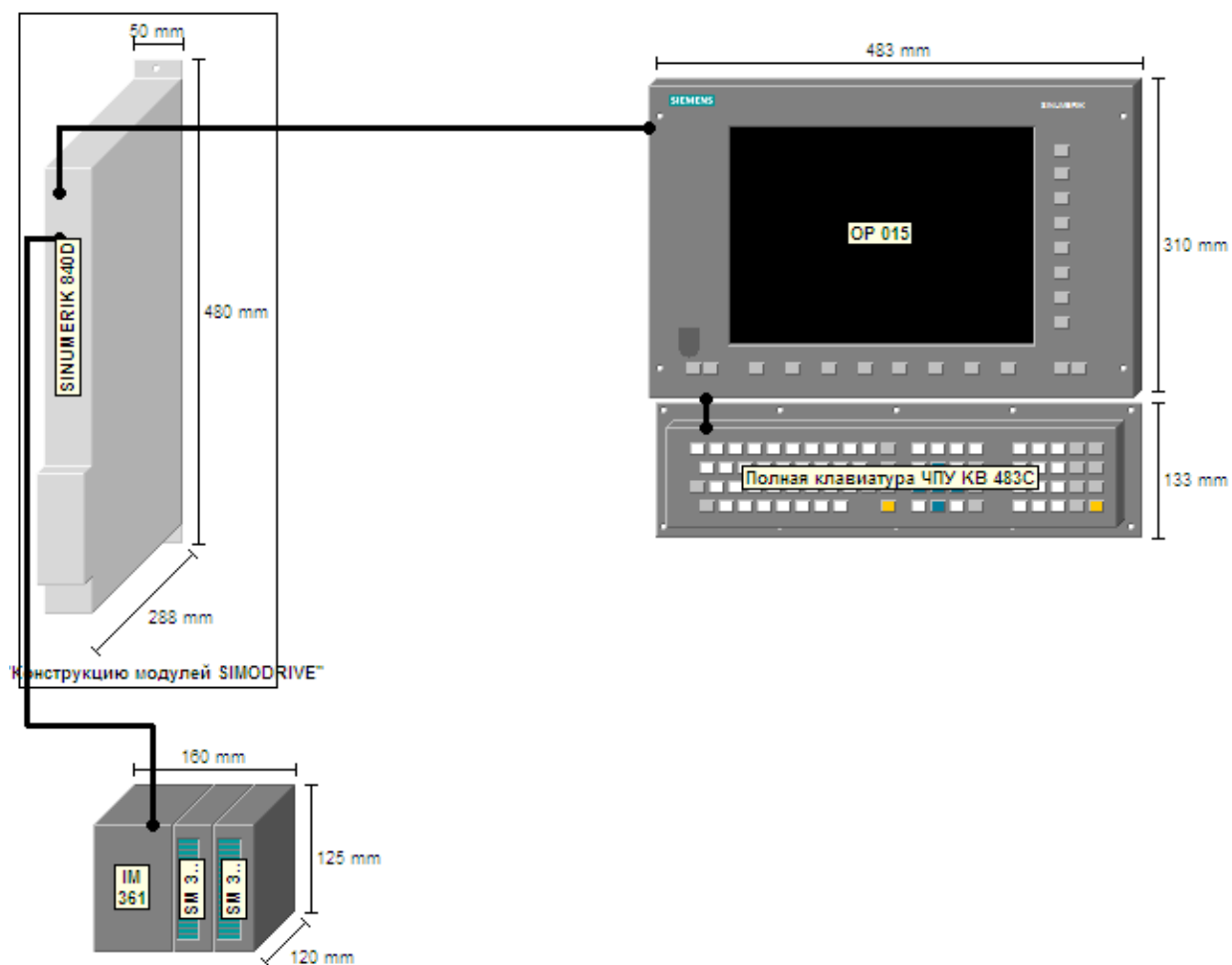


Рисунок 2.19. Конструкция модулей SINUMERIK 840D.

8) Спецификация

Поз.	Описание	Заказной номер.	К-во	Двигатель
1	BUILT-IN SYNCHRONOUS MOTOR DC LINK 600V, 105K, IP00,4-POLE SINGLE COMPONENTS: ROTOR, STATOR, 45 NM, IN=30 A, 15 KW, NN=3200 RPM, NMAX= 14000 RPM, VPM REQUIRED WATER-COOLED OVERHANG ENCAPSULATION WITH STANDARD PROTECTION KTY STANDARD COOLING JACKET W/O ROTOR SLEEVE FREE LEAD ENDS L=0.5 M	1FE1073-4WT11-1BA2	1	Mot01
2	SYNCHRONOUS SERVOMOTOR 1FT6 9.5 NM, 100 K, 2000 RPM NATURAL AIR COOLING IM B5 (IM V1, IM V3) FOR POWER AND SIGNAL CONNECTOR OUTGOING CONNECTOR DIRECTION AXIAL, NON-DRIVE END INCREM. ENCODER, SIN/COS 1 VPP 2048 P/REV (ENCODER I-2048) PLAIN SHAFT, ACCURACY TOLERANCE N, W/O HOLDING BRAKE VIBRATION SEVERITY GRADE N, DIAPHRAGM SEAL (IP 64)	1FT6064-6AC71-3AG0	2	Mot02 Mot03
3	SIMATIC S7-300, DIGITAL INPUT SM 321, OPTICALLY ISOLATED, 16DI, 24 V DC, 1 X 20 PIN	6ES7321-1BH02-0AA0	1	
4	SIMATIC S7-300, DIGITAL OUTPUT SM 322, OPTICALLY ISOLATED, 16 DO, 24V DC, 0.5A, 1 X 20 PIN SUM OF OUTPUT CURRENTS 4A/GROUP (8A/MODULE)	6ES7322-1BH01-0AA0	1	
5	SIMATIC S7-300, INTERFACE MODULE IM 361 IN EXPANSION RACK FOR CONNECTING TO CENTRAL RACK (IM360), 24 V DC SUPPLY VOLTAGE, WITH K-BUS	6ES7361-3CA01-0AA0	1	
6	SIMATIC S7-300, FRONT CONNECTOR FOR SIGNAL MODULES WITH SCREW CONTACTS, 20-PIN	6ES7392-1AJ00-0AA0	2	
7	SINUMERIK OPERATOR PANEL FRONT OP 15; 15.0" TFT (1024X768) WITH MEMBRANE KEYS	6FC5203-0AF03-0AA0	1	

8	SINUMERIK CNC FULL KEYBOARD KB 483C, WIDTH 19 MECHANICAL KEYS INCL. 1.5 M CABLE	6FC5203-0AF20-0AA1	1	
9	SINUMERIK 840D/DE BOX FOR ELECTRONIC CONTROL DEVICE NCU BOX FOR INSTALLATION OF NCU 561.2/.3/.4/.5 NCU 571/571.2/.3/.4/.5 NCU 572/572.2/.3/.4/.5 NCU 573.2/.3/.4/.5 WITH POWER UNIT, BATTERY AND FAN	6FC5247-0AA00-0AA3	1	
10	SINUMERIK 840D CNC-SOFTWARE 2-2 ON PC CARD; EXPORT CURRENT SW VERSION SINGLE LICENSE	6FC5250-0DY30-0AH0	1	
11	SINUMERIK 810D/840D CNC USER MEMORY EXPANSION OF 1 MB EACH SOFTWARE OPTION CERTIFICATE OF LICENSE ONLY	6FC5251-0AD02-0AA0	3	
12	SINUMERIK 840D TOOLBOX CURRENT SW VERSION SINGLE LICENSE, CD-ROM	6FC5252-0AX21-0AB0	1	
13	SINUMERIK 840D/DE CNC-HARDWARE NCU 572.5, 650 MHZ, 64 MB WITHOUT SYSTEM SOFTWARE MEMORY: NC 3 MB, PLC 128 KB PREPARED FOR PROFIBUS DP, ACCORD. TO IEC 61508	6FC5357-0BB25-0AA0	1	
14	6FX.002-4EB.0-...0 not found!	6FX.002-4EB.0-...0	1	
15	SIGNAL CABLE PREASSEMBLED (SINUMERIK 840 D POWERLINE AND 810D), P-/K-BUS, UL HALOGENFREE LENGTH (M) = 1	6FX2002-2AS12-1AB0	1	
16	SIGNAL CABLE, PREASSEMBLED, (VOLTAGE SIGN. ENCODER) 3X2X0.14+4X0.14+2X0.5+4X0.22 C TRAILING TYPE UL/CSA DESINA MOTION CONNECT 800, D _{MAX} = 9.9 MM, LENGTH (M) = + 0 + 0 + 5 + 0	6FX8002-2CA31-1AF0	3	Mot01 Mot02 Mot03

Рисунок 2.20. Фрагмент спецификации

В ГПМ, на основе которого ведется комплексная обработка детали типа «Крышка корпуса правая ВЗП240.30.04», применяется управление

всем вспомогательным оборудованием с помощью ПЛК. На сегодняшний день на рынке существует большое количество фирм выпускающих программируемые логические контроллеры, среди которых можно выделить таких производителей как Siemens, Mitsubishi и отечественную компанию ОВЕН.

В выбранную компонентную базу входит устройство ЧПУ SINUMERIK 840D со встраиваемым в него ПЛК CPU 317-2 DP 20P из семейства S7-300. Области применения SIMATIC S7-300/ S7-300C охватывают автоматизацию машин и оборудования различного назначения. Центральные процессоры S7-300C оснащены набором встроенных входов и выходов, а также набором встроенных функций, что позволяет применять эти процессоры в качестве готовых блоков управления.

Контроллеры SIMATIC S7-300 имеют модульную конструкцию и могут включать в свой состав [22]:

Модуль центрального процессора (CPU). В зависимости от степени сложности решаемой задачи в контроллерах могут быть использованы различные типы центральных процессоров, отличающихся производительностью, объемом памяти, наличием или отсутствием встроенных входов-выходов и специальных функций, количеством и видом встроенных коммуникационных интерфейсов и т.д.

Модули блоков питания (PS), обеспечивающие возможность питания контроллера от сети переменного тока напряжением 120/230В или от источника постоянного тока напряжением 24/48/60/110В.

Сигнальные модули (SM), предназначенные для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов с различными электрическими и временными параметрами.

Коммуникационные процессоры (CP) для подключения к сетям PROFIBUS, Industrial Ethernet, AS-Interface или организации связи через PtP (point to point) интерфейс. Функциональные модули (FM), способные самостоятельно решать задачи автоматического регулирования,

позиционирования, обработки сигналов.

Функциональные модули снабжены встроенным микропроцессором и способны выполнять возложенные на них функции даже в случае остановки центрального процессора программируемого контроллера.

Интерфейсные модули (IM), обеспечивающие возможность подключения к базовому блоку (стойка с CPU) стоек расширения ввода-вывода. Контроллеры SIMATIC S7- 300 позволяют использовать в своем составе до 32 сигнальных и функциональных модулей, а также коммуникационных процессоров, распределенных по 4 монтажным стойкам. Все модули работают с естественным охлаждением.

Конструкция контроллера отличается высокой гибкостью и удобством обслуживания. Все модули легко устанавливаются на профильную рейку S7-300 и фиксируются в рабочем положении винтом. Также во все модули (кроме модулей блоков питания) встроены участки внутренней шины контроллера. Соединение этих участков выполняется шинными соединителями, устанавливаемыми на тыльной стороне корпуса. Шинные соединители входят в комплект поставки всех модулей за исключением центральных процессоров и блоков питания. В наличии имеются фронтальные соединители, позволяющие производить замену модулей без демонтажа внешних соединений и упрощающих выполнение операций подключения внешних цепей модулей. Подключение внешних цепей происходит через фронтальные соединители с контактами под винт или контактами-защелками. Механическое кодирование фронтальных соединителей, исключает возможность возникновения ошибок при замене модулей [22].

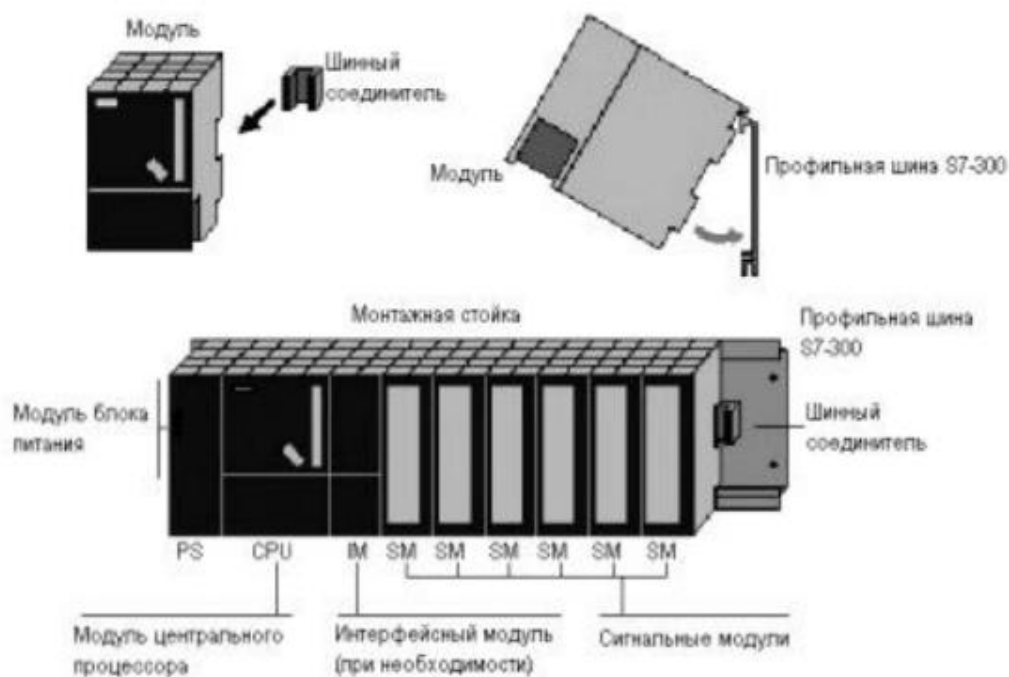


Рисунок 2.21. Модуль ввода-вывода.

Выбор типа ПЛК производится с помощью программы NCSD-Konfigurator. При этом анализируются следующие параметры: количество цифровых и аналоговых встроенных входов/выходов; размеры памяти для программы пользователя и данных пользователя; количество и типы модулей расширения и коммуникационных портов; наличие регистров входов/выходов; количество таймеров и счетчиков с различными функциями. В результате выбирается CPU 317-2 DP как наиболее подходящий.

Для формирования управляющих однобитовых сигналов были выбраны модули SM322 (24V, 0,5A). Для анализа состояния исполнителя оборудования выбран модуль входных сигналов SM321 (120V, 0,5A).

3.3 Разработка структуры системы управления ГПМ

Исходные данные для разработки структуры системы управления СУ ГПМ определяются выбранным управляющим и исполнительным оборудованием.

Произвести выбор следующего оборудования по заданным исходным данным. При этом, для электродвигателей должны выдерживаться условия – характеристики новых двигателей (номинальные мощность, частота и момент) больше или равны указанным(м) в паспорте на станок. Необходимость выбора устройства ЧПУ SINUMERIK 840D обусловлено тем, что оно является распространенным базовым модульным УЧПУ для широкого круга станков и технологических задач. Число входов и выходов ПЛК, необходимых для управления устройством автоматической смены инструмента на станке определяется из описания работы станка [21].

1. Двигатели главного движения:

1.1 Двигатель М1

номинальная мощность . . . 15 кВт;

номинальная частота вращения . . . 3200 мин-1 ;

номинальный момент . . . 48 Нм.

2. Двигатели подачи:

2.1 Двигатель М2

номинальная мощность . . . 1,99 кВт;

номинальная частота вращения . . . 2000 мин-1 ;

номинальный момент . . . 10Нм.

2.2 Двигатель М3

номинальная мощность . . . 1,99кВт;

номинальная частота вращения . . . 2000 мин-1 ;

номинальный момент . . .10 Нм.

3. Устройство ЧПУ SINUMERIK 840D

4. Панель оператора – отсутствует

5. Управление электроавтоматикой: SM321, SM322

5.1.Тип ПЛК – CPU-317-2DP;

5.2. Число входов –8 (D1-D8 датчики);

5.3. Число выходов – 9(Alarm;ГЦ1, ГЦ2 гидроцилиндр тактового стола; K1, K2 контроллер для управления электрогидравлическими

двигателями);

При разработке структуры системы управления необходимо определить объем информации, поступающей на входы и выходы ПЛК и связи взаимодействия между отдельными управляющими устройствами.

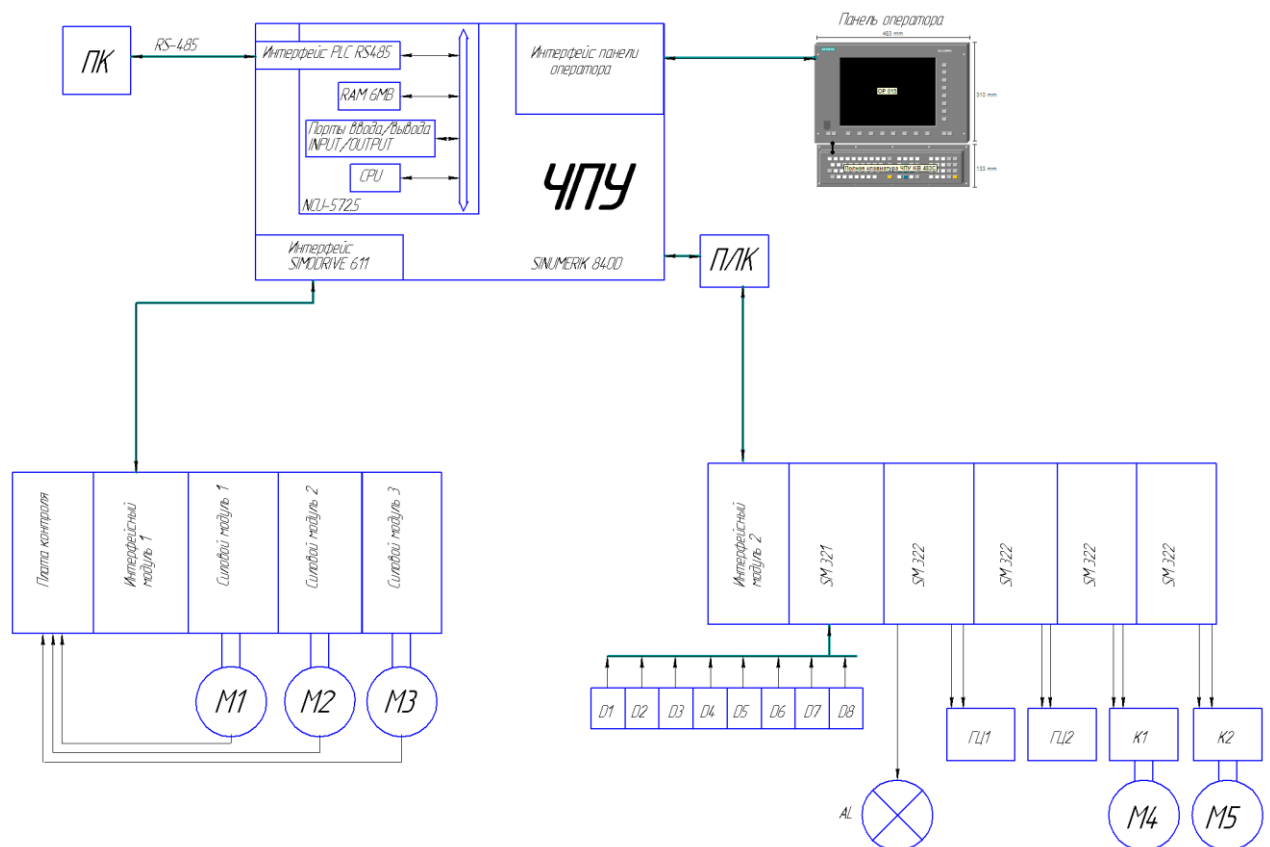


Рисунок 2.22. Структурная схема СУ ГПМ.

3.4. Разработка программы управления обработкой детали

Управляющая программа.

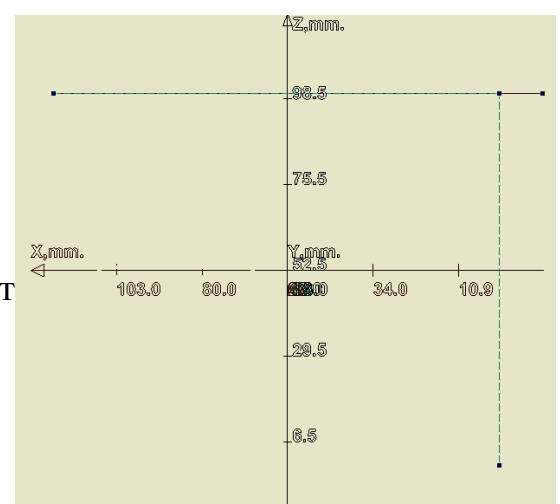
F-подача; S-скорость резания; M04-левое вращение; M06-функция смены инструмента; T-номер инструмента.

*Начало операций

G18 G90 X0 Z100

G00 X120 Z100

*Операция 005. Переход 1. Инструмент



T1.

N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X-85.9 Z-50

N15G01 X-131.5

*Операция 005. Переход 2. Инструмент T2.

N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X-87.2 Z80

N15G01 X-73

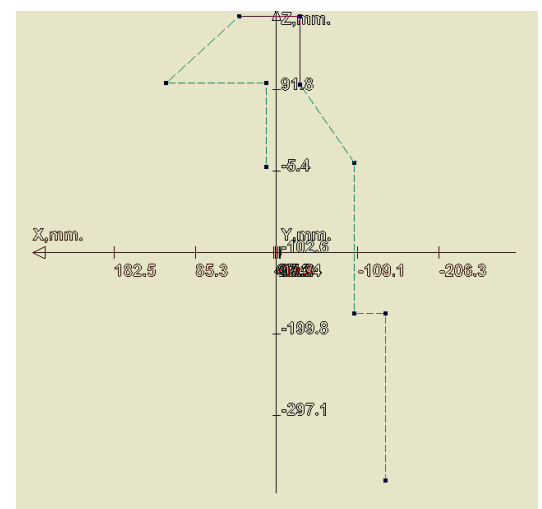
N20 G01 Z-82

N25 G00 X-65 Z-93.5

N30 G00 Z-180

N35 G00 X-37.5

N40 G00 Z-200



*Операция 005. Переход 3. Инструмент T3.

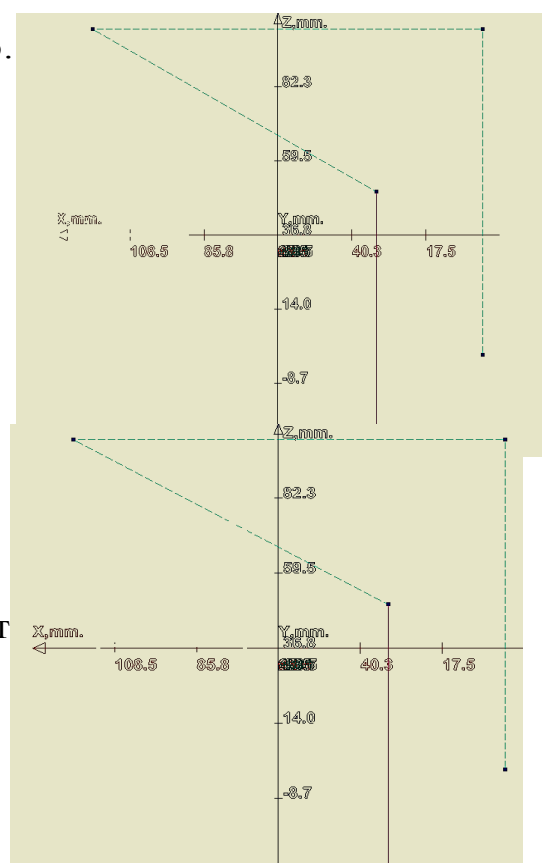
N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X-87.3 Z-50

N15G01 Z-80



*Операция 005. Переход 4. Инструмент

T4.

N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X-87.4 Z-50

N15G01 Z-80

*Операция 005. Переход 5. Инструмент

T5.

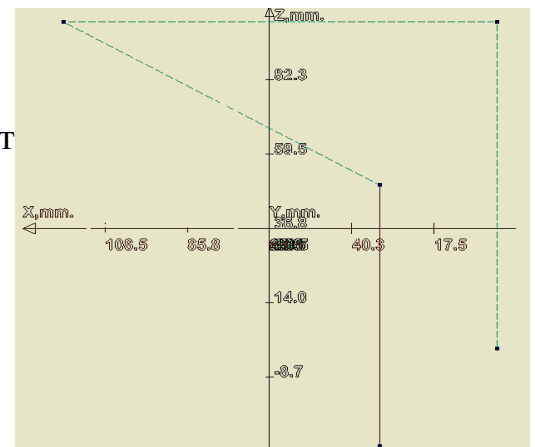
N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X-87.5 Z-50

N15G01 Z-80



*Операция 005. Переход 6. Инструмент

T6.

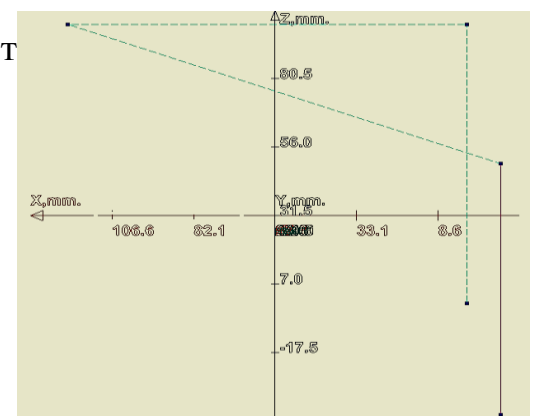
N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X-130.3 Z-50

N15G01 Z-90

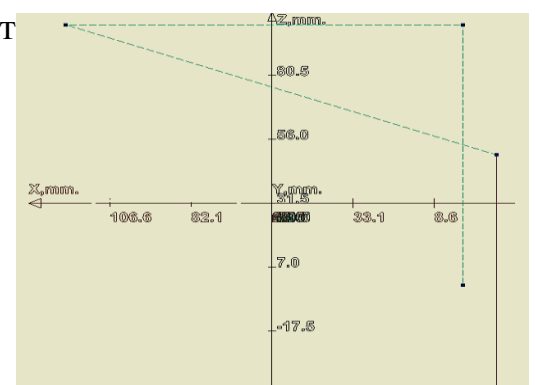


*Операция 005. Переход 7. Инструмент

T7.

N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1



G91

N10 G00 X-130.2 Z-50

N15G01 Z-90

*Операция 005. Переход 8. Инструмент T8.

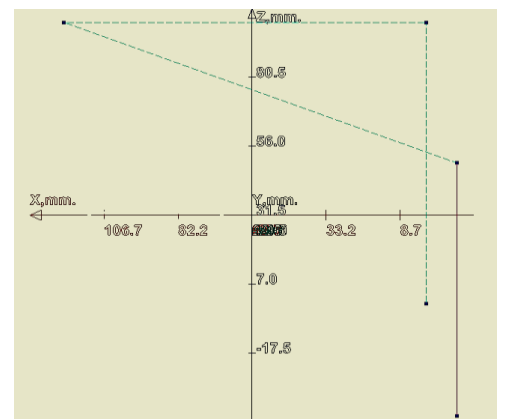
N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X-130.1 Z-50

N15G01 Z-90



*Операция 005. Переход 9. Инструмент T9.

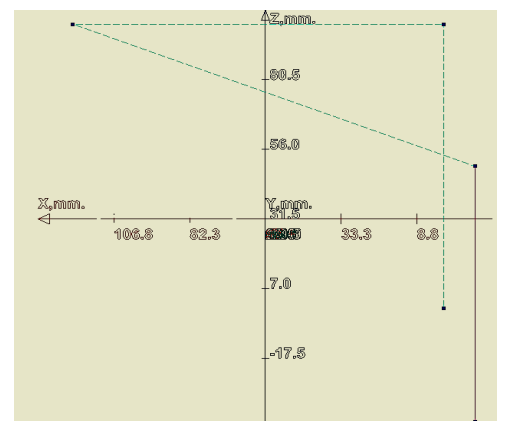
N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X-130 Z-50

N15G01 Z-90



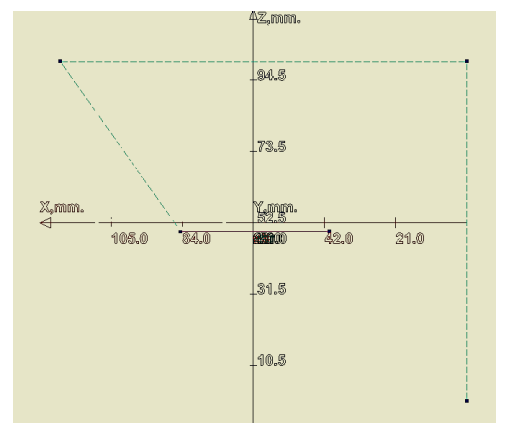
*Операция 010. Переход 1. Инструмент T1.

N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X-35.5 Z-50



N15G01 X-44

*Операция 010. Переход 2. Инструмент T2.

N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X-42.8 Z-50

N15 G01 Z-58

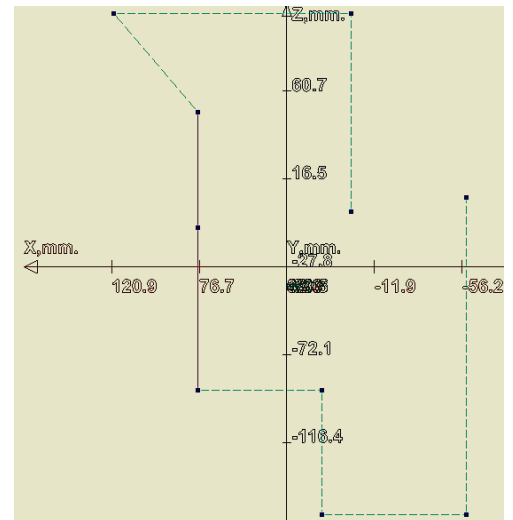
N20 G01 Z-82

N25 G00 X-62.5

N30 G00 Z-63

N35 G00 X-73

N40 G00 Z160



*Операция 010. Переход 3. Инструмент T3.

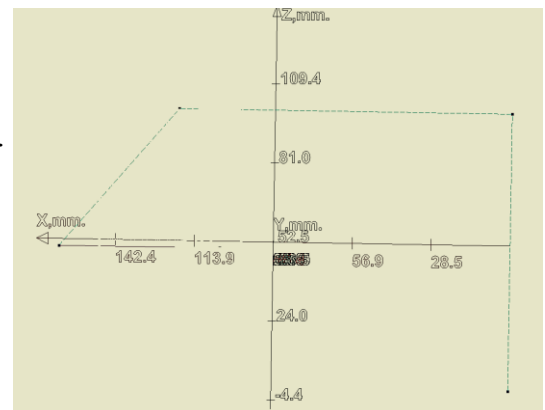
N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X42.7 Z-50

N15 G01 X-58



*Операция 010. Переход 4. Инструмент T4.

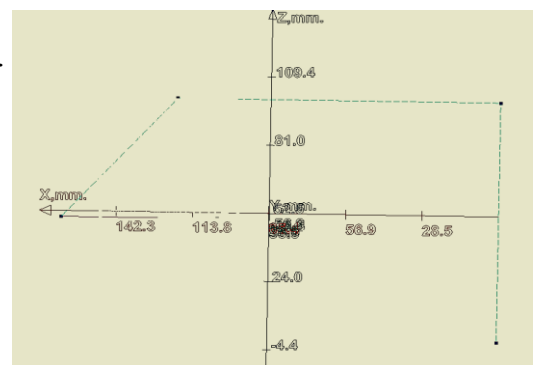
N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X42.6 Z-50

N15 G01 X-58



*Операция 010. Переход 5. Инструмент T5.

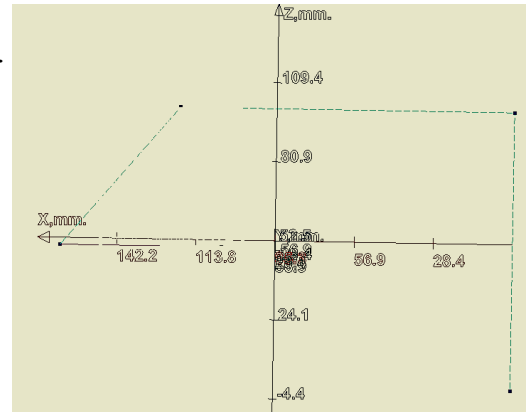
N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G00 X42.5 Z-50

N15 G01 X-58



*Операция 015. Переход 1. Инструмент T1.

N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G01 X10 Y73.75 Z127.74

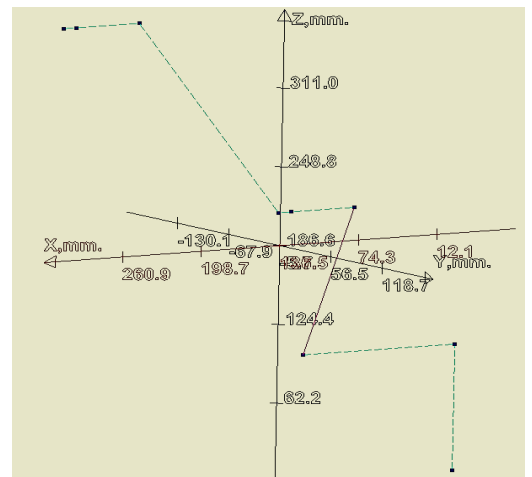
N15 G00 X50

N20 G00 X10

N25 G00 X10 Y-158.35 Z127.74

N30 G00 X50

N35 G00 X10



*Операция 015. Переход 2. Инструмент T2.

N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

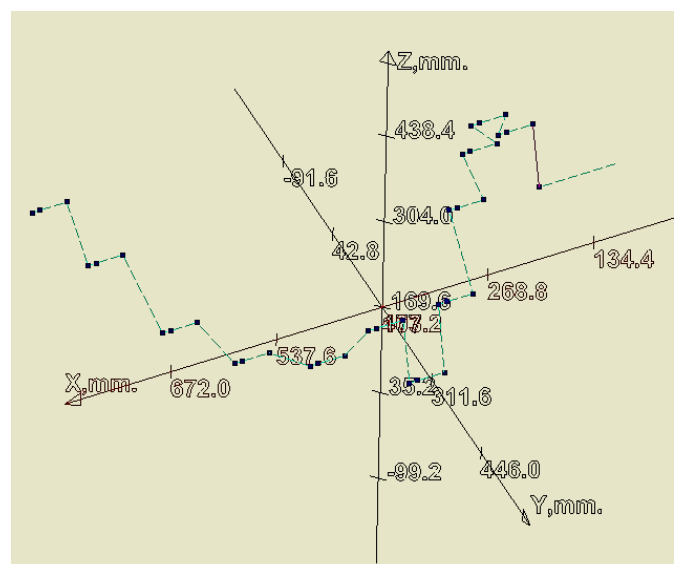
N10 G01 X10 Y0 Z102.5

N15 G00 X34

N20 G00 X10

N25 G00 X10 Y40 Z69.28

N30 G00 X34



N35 G00 X10
N40 G00 X10 Y88.77 Z51.25
N45 G00 X34
N50 G00 X10
N55 G00 X10 Y80 Z0
N60 G00 X34
N65 G00 X10
N70 G00 X10 Y88.77 Z-51.25
N75 G00 X34
N80 G00 X10
N85 G00 X10 Y40 Z-69.28
N90 G00 X34
N95 G00 X10
N100 G00 X10 Y0 Z102.5
N105 G00 X34
N110 G00 X10
N115 G00 X10 Y-40 Z-69.28
N120 G00 X34
N125 G00 X10
N130 G00 X10 Y-88.77 Z-51.25
N135 G00 X34
N140 G00 X10
N145 G00 X10 Y-80 Z0
N150 G00 X34
N155 G00 X10
N160 G00 X10 Y-88.77 Z51.25
N165 G00 X34
N170 G00 X10
N175 G00 X10 Y-40 Z69.28
N180 G00 X34

N185 G00 X10

*Операция 015. Переход 3. Инструмент T3.

N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G01 X130 Y0 Z146.88

N15 G00 X140

N20 G00 X130

N25 G00 X130 Y127.74 Z73.75

N30 G00 X140

N35 G00 X130

N40 G00 X130 Y127.74 Z-73.75

N45 G00 X140

N50 G00 X130

N55 G00 X130 Y0 Z-146.88

N60 G00 X140

N65 G00 X130

N70 G00 X130 Y-127.74 Z73.75

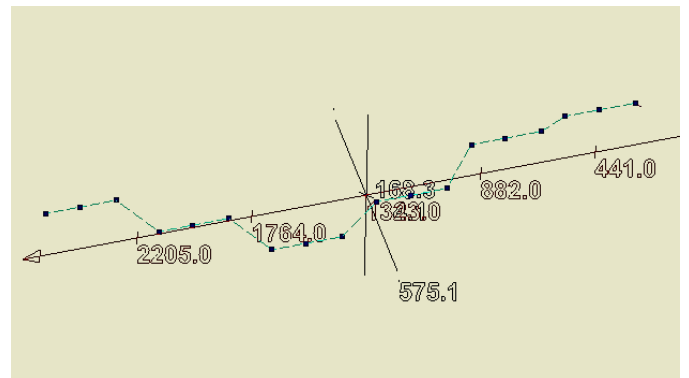
N75 G00 X140

N80 G00 X130

X130 Y-127.74 Z73.75

N90 G00 X140

N95 G00 X130



*Операция 015. Переход 4. Инструмент T4.

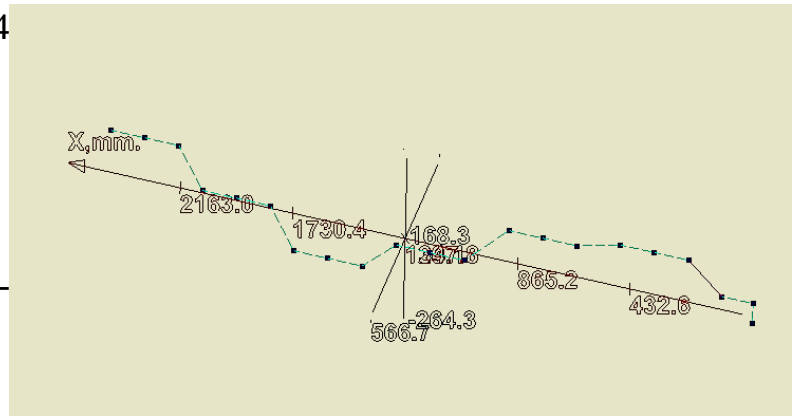
N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

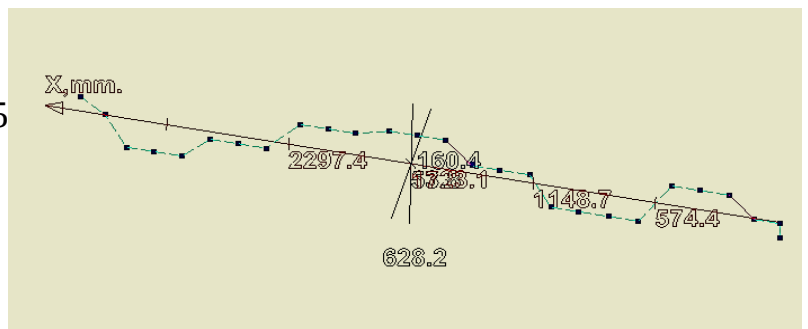
G91

N10 G01 X130 Y0 Z146.88

N15 G00 X132
 N20 G00 X130
 N25 G00 X130 Y127.74
 Z73.75
 N30 G00 X132
 N35 G00 X130
 N40 G00 X130 Y127.74 Z-
 73.75
 N45 G00 X132
 N50 G00 X130
 N55 G00 X130 Y0 Z-146.88
 N60 G00 X132
 N65 G00 X130
 N70 G00 X130 Y-127.74 Z73.75
 N75 G00 X132
 N80 G00 X130
 X130 Y-127.74 Z73.75
 N90 G00 X132
 N95 G00 X130



*Операция 015. Переход 5. Инструмент T5.
 N1 F0.7 M4 S129
 N5 M6 T1
 G91
 N10 G01 X130 Y-51.25
 Z88.77
 N15 G00 X142
 N20 G00 X130
 N25 G00 X130 Y102.5 Z-
 177.54



N30 G00 X142

N35 G00 X130

*Операция 020. Инструмент T1.

N1 F0.7 M4 S129

N5 M6 T1

G91

N10 G01 X10 Y0 Z102.5

N15 G00 X32

N20 G00 X10

N25 G00 X10 Y40 Z69.28

N30 G00 X32

N35 G00 X10

N40 G00 X10 Y88.77
Z51.25

N45 G00 X32

N50 G00 X10

N55 G00 X10 Y80 Z0

N60 G00 X32

N65 G00 X10

N70 G00 X10 Y88.77 Z-51.25

N75 G00 X32

N80 G00 X10

N85 G00 X10 Y40 Z-69.28

N90 G00 X32

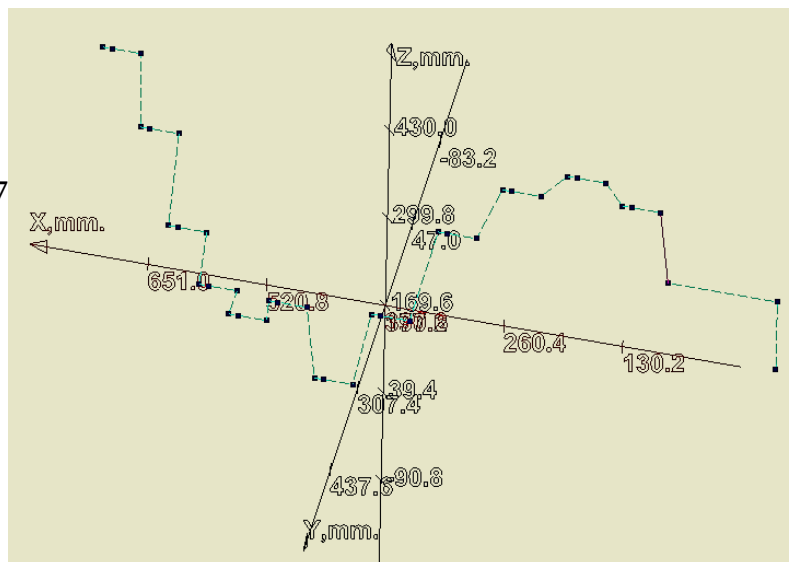
N95 G00 X10

N100 G00 X10 Y0 Z102.5

N105 G00 X32

N110 G00 X10

N115 G00 X10 Y-40 Z-69.28



```
N120 G00 X32
N125 G00 X10
N130 G00 X10 Y-88.77 Z-51.25
N135 G00 X32
N140 G00 X10
N145 G00 X10 Y-80 Z0
N150 G00 X32
N155 G00 X10
N160 G00 X10 Y-88.77 Z51.25
N165 G00 X32
N170 G00 X10
N175 G00 X10 Y-40 Z69.28
N180 G00 X32
N185 G00 X10
```

Рисунок 2.23. Программа обработки детали «Крышка корпуса правая».

Разработка программы обработки детали на языке программирования ISO 7 bit [3] выполнена по методике предложенной в методическом пособии по дисциплине [21].

Программа, написанная с использованием G-кода, имеет жесткое построение. Все команды управления объединяются в кадры - группы, состоящие из одной или более команд. Кадр завершается символом перестройки строки (CR/LF) и имеет номер, за исключением первого кадра программы и комментариев. Первый (а в некоторых случаях еще и последний) кадр содержит только один знак «%». Завершается программа командой M02 или M30. Комментарии к программе размещаются в круглых скобках, как после программных кодов, так и в отдельном кадре.

Порядок команд в кадре строго не оговаривается, но традиционно предполагается, что первыми указываются подготовительные команды (на

пример, выбор рабочей плоскости), затем команды перемещения, затем выбора режимов обработки и технологические команды.

Исходными данными для разработки этой программы являются: чертежи заготовки (отливки) и детали ; технологический процесс обработки детали на фрезерном многоцелевом станке, разработанный при выполнении курсового проекта по дисциплине «Технологические процессы автоматизированных производств».

Программа управления фрезерной обработкой детали на станке ИР500ПМФ4, написанная на языке ISO-7 bit, представлена на Рисунке 2.23.

3.5. Разработка алгоритма управления обработки детали

На основании технологического расчета и определенного порядка выполнения технологических операций была разработана структура алгоритма обработки детали. На структуре алгоритма (Рис. 2.24) приведены основные операции и задание параметров обработки.

Алгоритм обработки детали можно условно разбить на следующие части :

Инициализация управляющего оборудования.

Задание параметров работы ЧПУ и обрабатываемого центра (выбор плоскости Z-X, выбор абсолютной постоянной нулевой точки).

Перемещение инструмента на холостом ходу в позицию обработки.

Подрезать торец Ø225/Ø140.

Обработка наружной поверхности Ø225.

Обработка поверхности Ø225 получистовая.

.Обработка поверхности Ø225 чистовая.

Обработка поверхности Ø225 тонкая.

Расточка отверстия Ø140 черновое.

Расточка отверстия Ø140 получистовое.

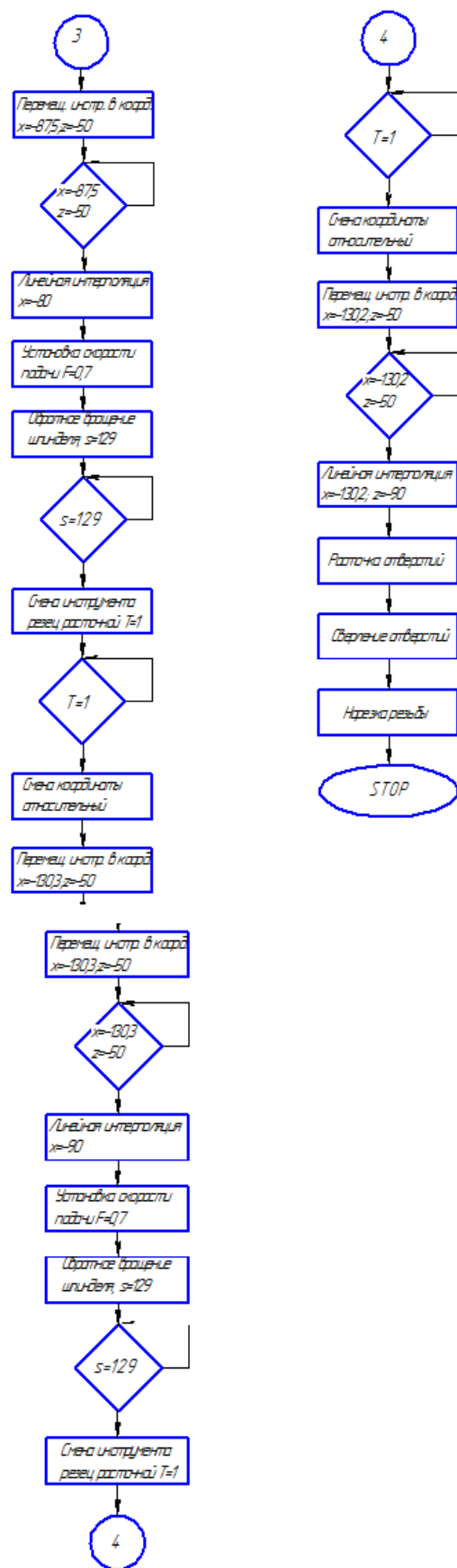


Рисунок 2.24. Структура алгоритма обработки детали.

Выводы по разделу:

Выбраны исполнительные и управляющие устройства фирмы Siemens;

Осуществлен выбор ПЛК из семейства S7-300, CPU-317-2DP;

Разработана структурная схема системы управления ГПМ;

Программа обработки детали «Крышка корпуса правая».

Разработан алгоритм управления обработки детали.

Заключение

Задание на выпускную квалификационную работу выполнено полностью, а именно:

1. В технологическом разделе:

- Рассчитаны режимы резания и временные необходимые для изготовления одной детали. Составлены: карты наладок, маршрутные и операционные карты;
- Выбран станок с ЧПУ ИР500ПМФ4

2. В конструкторском разделе:

- Разработана компоновка ГПМ;
- Выполнен проверочный расчет зубчатой передачи.

3. В разделе системы управления:

- Разработан структурная схема системы управления ГПМ;
- Разработан алгоритм обработки детали типа «Крышка корпуса правая» на станке с ЧПУ типа ИР500ПМФ4;
- Разработана программа обработки детали.

Список использованной литературы

1. Подготовка и оформление курсового проекта по дисциплине «Технологические процессы и производства»: учеб.-метод. пособие / Кудрявов Н.М., Басов Д.В., Курзуков Г.В. —Москва : Издательство «Прометей», 2012;
2. Миллер Э.Э. Техническое нормирование труда в машиностроении. Уч. пос.. Изд. 3-е. М., «Машиностроение», 1972, с. 248.
3. Сосонкин В.Л. и Мартинов Г.М. Системы числового программного управления.- М:Логос, 2005.-293 с.: ил.
4. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб.пос. для маши-ностроит. спец. ву-зов. / Радкевич Я.М., В.А. Тимирязев В.А., Схиртладзе А.Г. и др. – М.: Высш. шк., 2004. — 272 с.: ил.;
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. Малова А.Н. - 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1972. - с. 414 - 431;
6. Евсиков А.А., Москвин В.К., Сасов А.М., Курсовой проект по дисциплине «Технические средства автоматизации»: Учебно-методич.Пособие. «Дубна» 2011;
7. Технология машиностроения.В 2-х кн. Кн.2/ Учебное пособие под ред. Мурашкина С.Л.– М.: Высш. шк., 2005. — 295 с.: ил.;
8. Соломенцев Ю. М. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: альбом схем и чертежей. 1989;
9. Справочник. Прогрессивный режущий инструмент и режимы резания металлов. / Под ред. Баранчикова В.И., Жарикова А.В. и др.- М.: Машиностроение,1990 г. - 400 с.;
10. Справочник технолога-машиностроителя. / Под ред. Дальского А.М., Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К., Сусллова А.Г. — 5-е издание. Том 1, Москва: «Машиностроение», 2003 г. — 912 с.;
11. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ Под ред.

Дальского А.М., Суслова А.Г., Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машино-строение – 1, 2001 г. 944с., ил.;

12. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 576 с.;

13. Шейнблит А.Е., «Курсовое проектирование деталей машин»: Учеб. пособие. Изд-е 2-е, Калининград: Янтарный сказ, 2002;

14. Зубодолбежный полуавтомат модель 5140: Каталог-справочник «Металлорежущие станки». Лист №6.05.003. (УДК 621.913-52:621.833). — М.: НИИМАШ, 1973;

15. ГОСТ 26228-85 – http://standartgost.ru/g/ГОСТ_26228-85;

16. Коковин В.А., Лабораторные работы по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств»: методическое пособие / В.А. Коковин. — М.: «Прометей», 2013. — 67 с.;

17. <http://pandia.ru/text/80/163/29428.php>;

18. Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учеб. пособие для технических вузов/ Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева – М.: Машиностроение, 1986 – 140 с.: ил.;

19. Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учеб. пособие для вузов/Ю.М. Соломенцев, К.П. Жуков, Ю.А. Павлов и др.; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. — М.: Машиностроение, 1989. — 192 с.: ил.;

20. Асинхронные двигатели. Двигатели 1РН7, воздушное охлаждение. http://www.power-prom.ru/docs/NC60_t07_2004_R2.pd;

21. Коковин В.А., Подготовка и оформление курсового проекта по дисциплине «Управление в автоматизированном производстве» : электрон. методическое пособие к курсовому проектированию / В.А. Коковин, А.П. Леонов. — Дубна : Государственный университет «Дубна», 2017. —

Электрон. текстовые и граф. данные (1 файл: 4,1 Мбайт)\\192.168.0.182\material\УМКдисциплин\кафедра АТПиП ФГОС\Управление в автоматизированном производстве;

22. SIMATIC S7-300 – <http://www.siemens-ru.com>;

23. Специализированные асинхронные двигатели SIEMENS 1PH, 1PM, 1PL http://promsis.spb.ru/catalog/ad_siemens/dvigateli_siemens/siemens_1ph_1pm_1pl/;

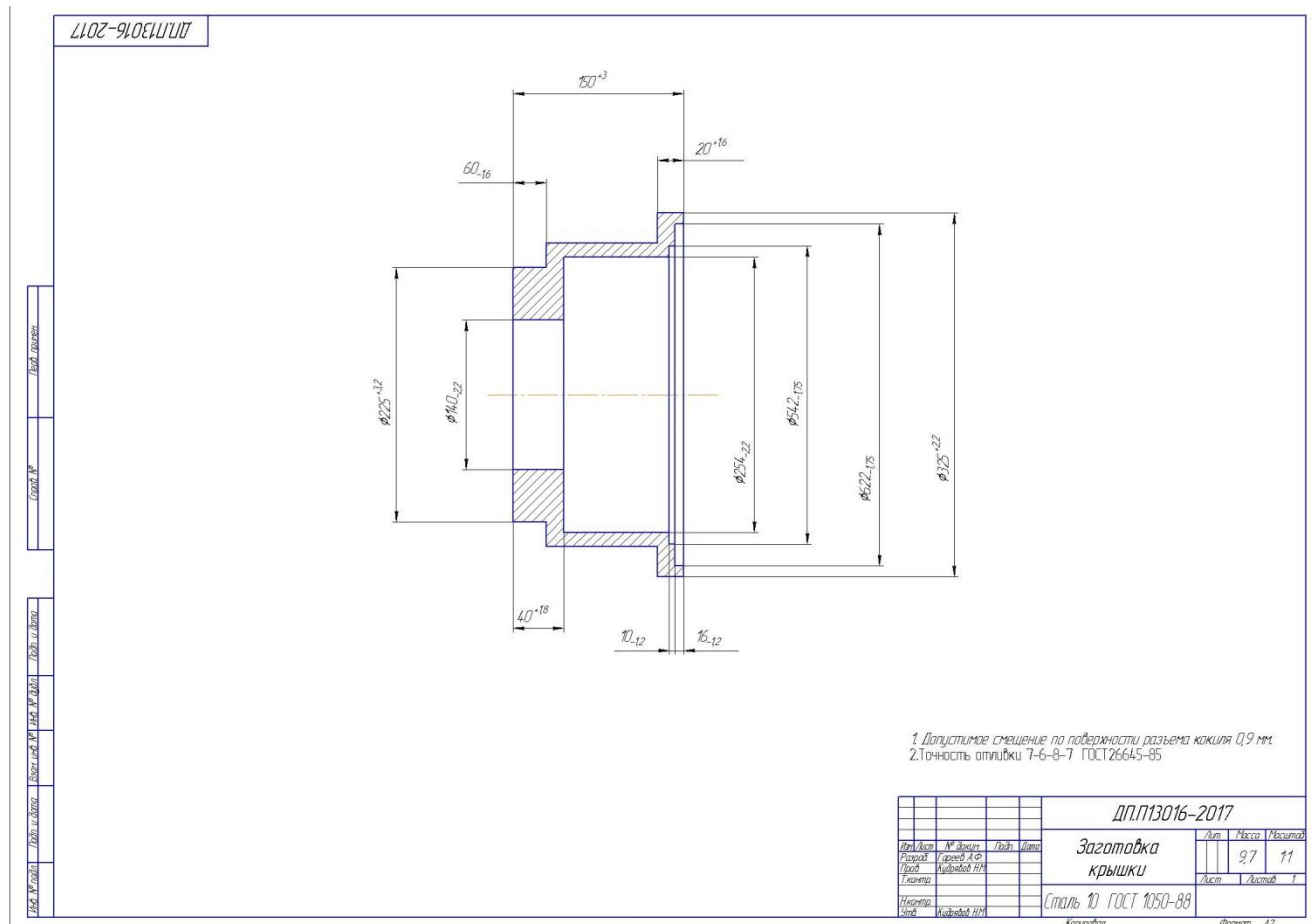
24. Дунаев П.Ф. , Леликов О.П., «Конструирование узлов и деталей машин»: Учеб. пособие для техн. спец. вузов. - 7 -изд., М.:Высш.шк., 2001;

25. Преобразователи SIEMENS SIMODRIVE;

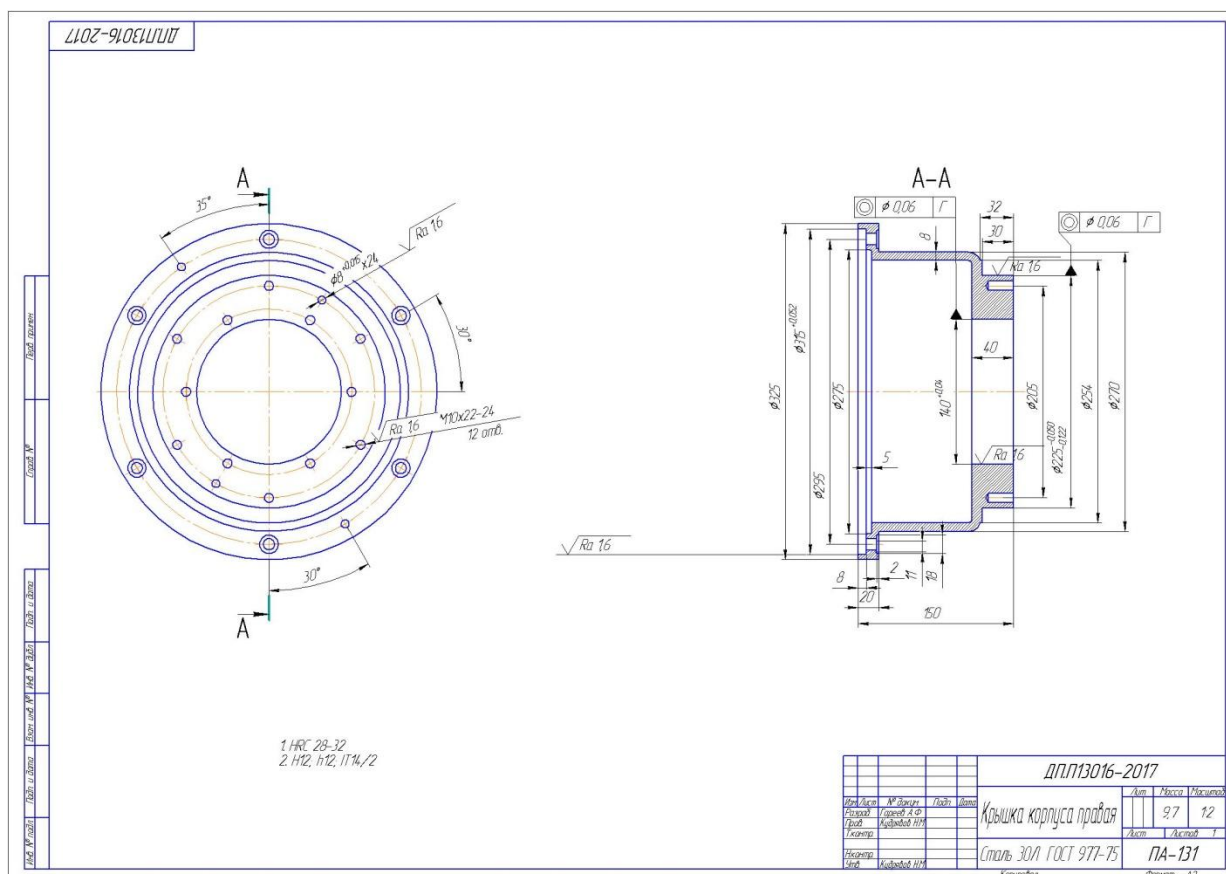
26. Леонов, А.П. Выбор исполнительных двигателей для электрических приводов производственных механизмов. Учебное пособие / А.П. Леонов. – М.: Прометей, 2013. – 139 с.;

Приложение

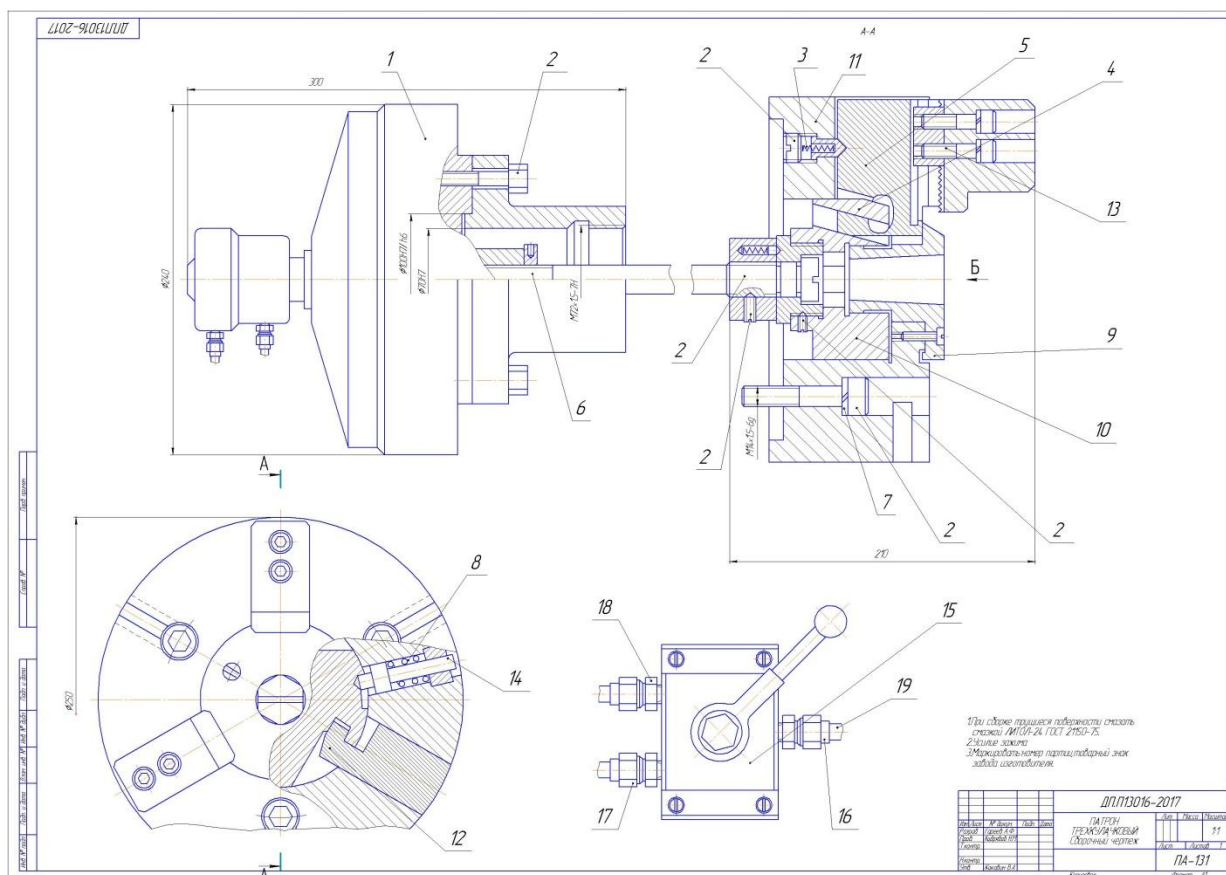
Приложение А.



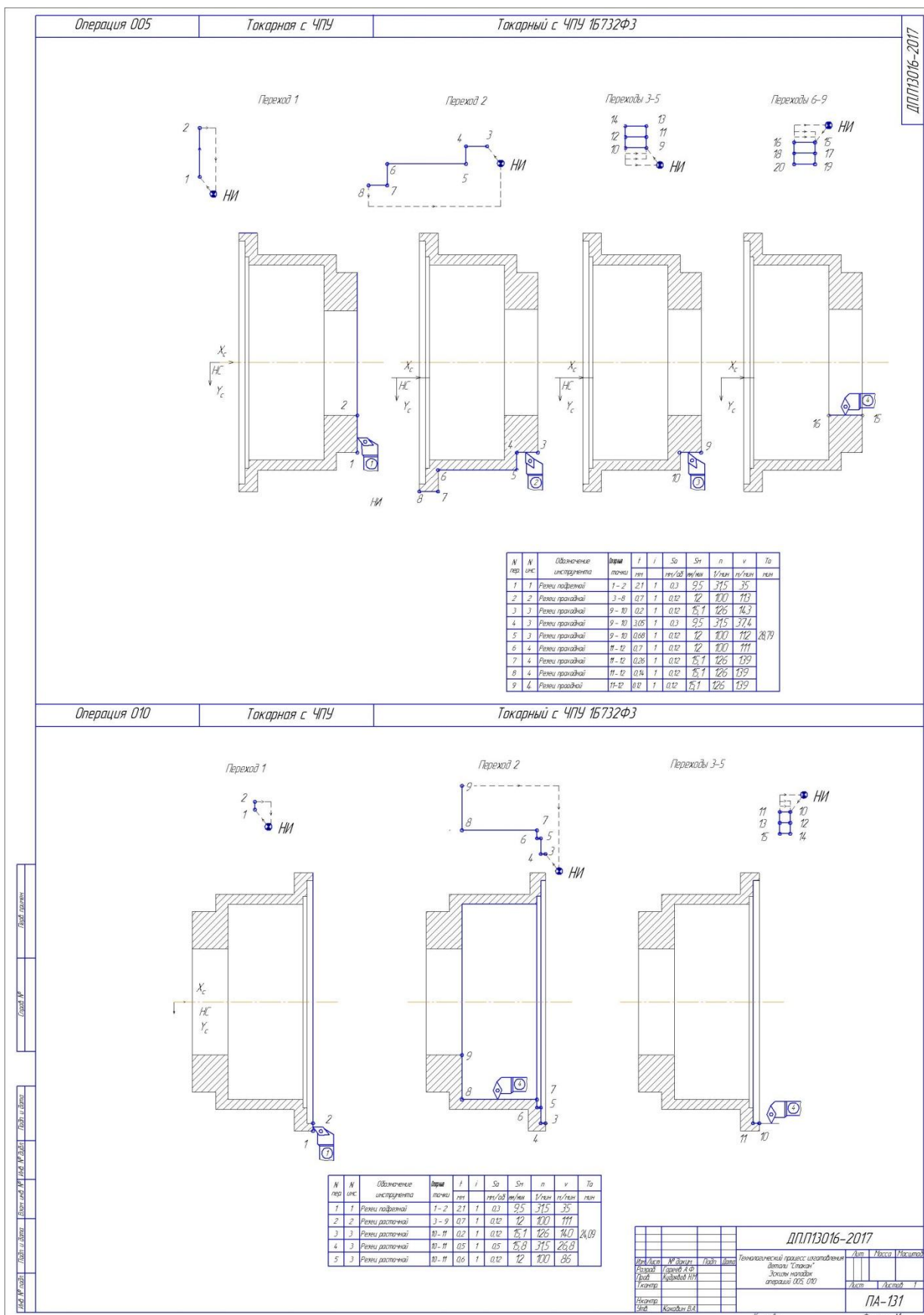
А.1 Заготовка крышки.



А.2 Деталь. Крышка корпуса правая.

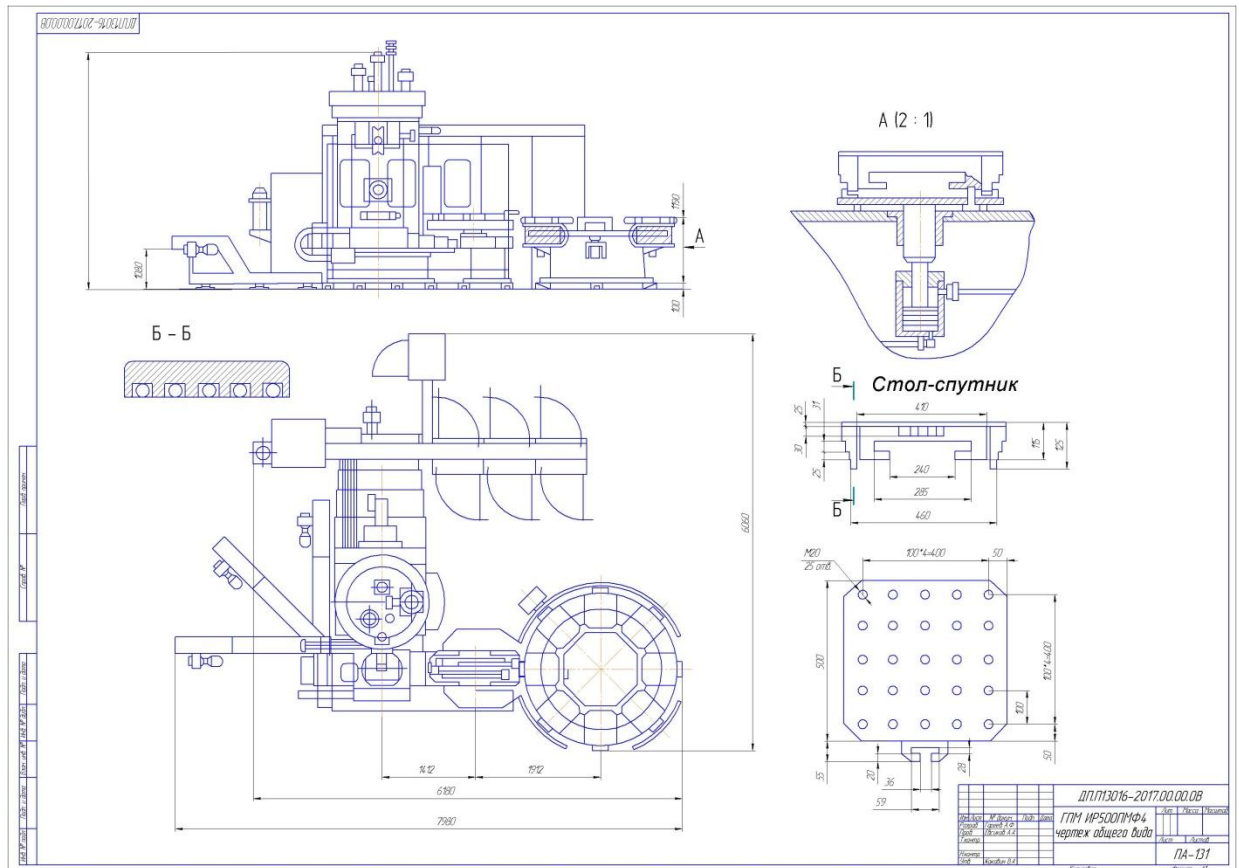


А.3 Трехкулачковый патрон.



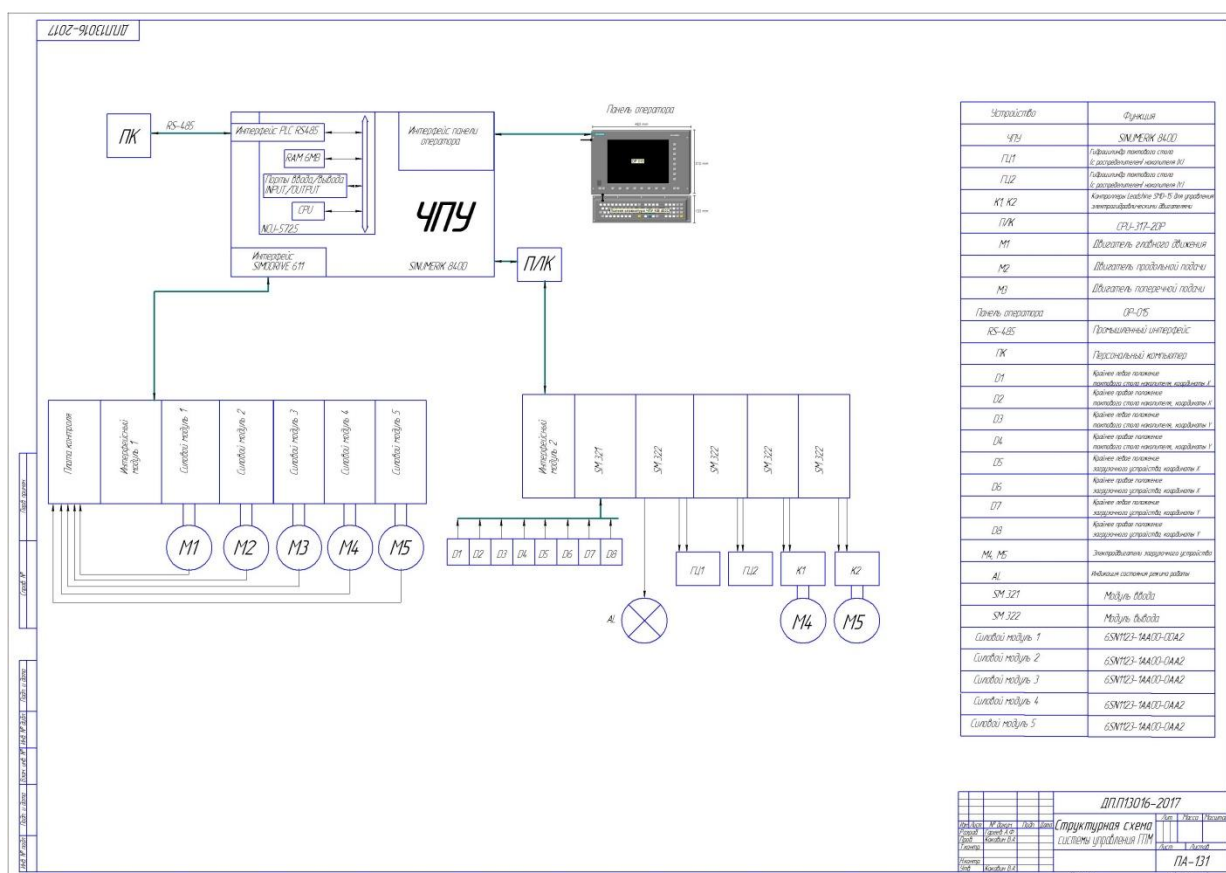
А.4 Технологический процесс изготовления детали.

Приложение Б.



Б.1 Компоновка ГПМ.

Приложение В.



В.1 Структурная схема СУ.

